

**Curso de diseño
de circuitos
impresos
(CESE-FiUBA)**

**Taller de
Electrónica
(DIIT-UNLaM)**

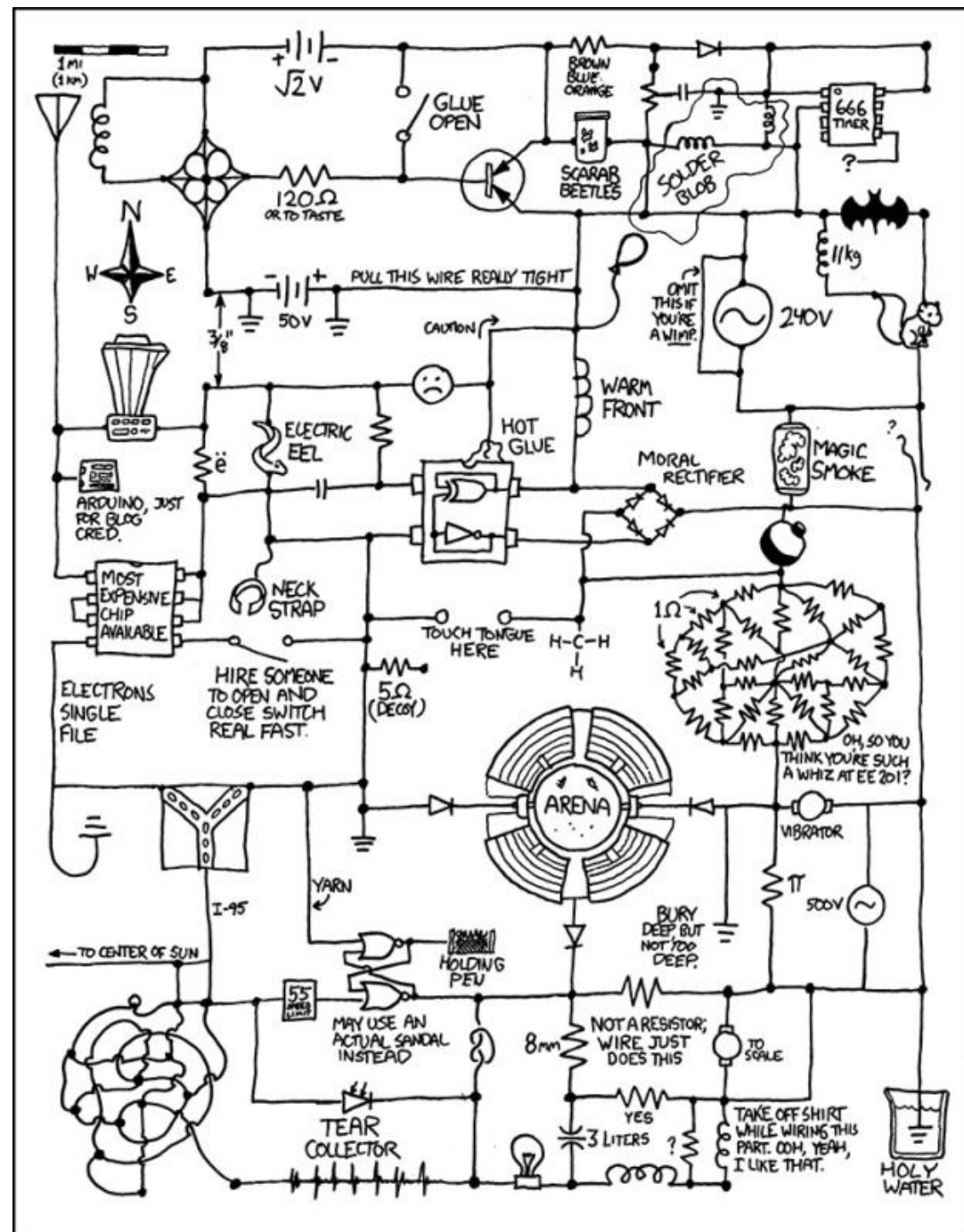
**Procedimientos
para realizar un
circuito
esquemático**

Autor:

- Diego Brengi

EL CIRCUITO ESQUEMÁTICO

La realización de un
circuito esquemático de
calidad es una tarea
compleja y que
requiere de experiencia
y dedicación.

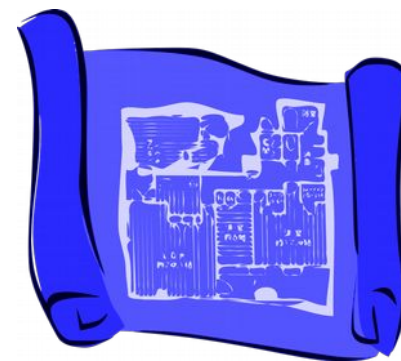
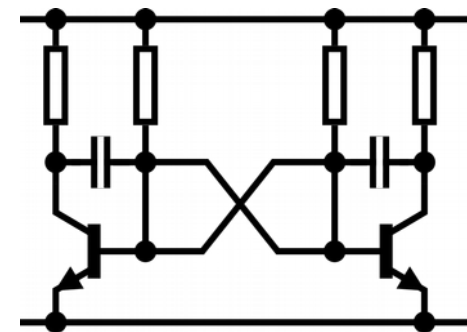


UTILIDAD DEL CIRCUITO ESQUEMÁTICO

El circuito esquemático bien hecho cumple varios propósitos:

- Ayuda a visualizar conceptualmente un circuito electrónico.
- Ayuda a entender el funcionamiento de un circuito.
- Permite identificar componentes, su función, el subcircuito al que pertenece y su valor.
- Permite generar el listado de partes (BOM) para comprar los componentes.
- Permite plasmar notas y conceptos importantes necesarios para comprender el circuito.
- Ayuda a medir y seguir señales en un circuito durante la puesta en marcha, caracterización o reparación.
- Define los componentes, encapsulados e interconexiones que tendrá nuestro PCB.
- Ayudan a compartir el diseño con colegas o compañeros de trabajo.

El circuito esquemático cumple muchas funciones más que simplemente definir las interconexiones de los componentes.



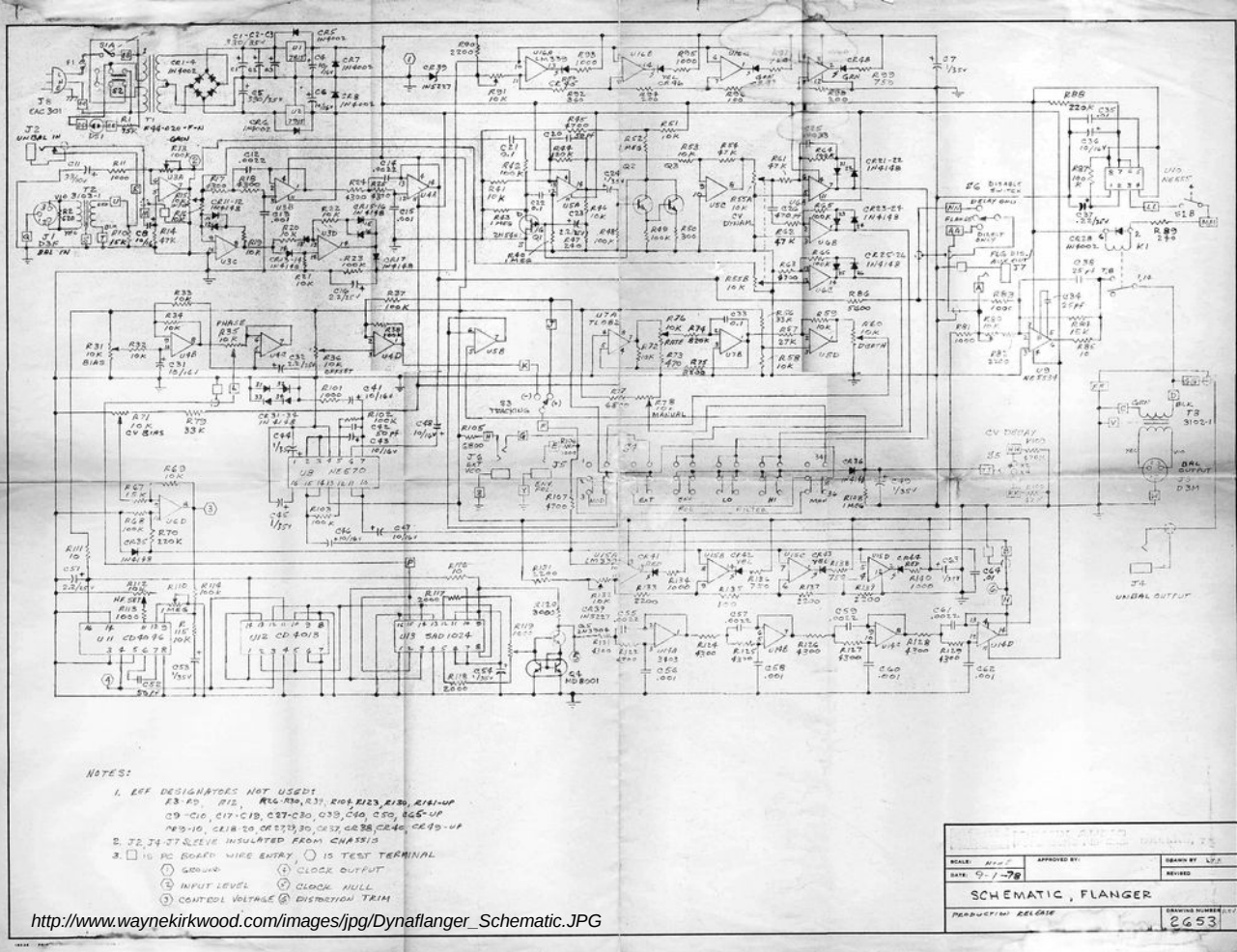
COMPARATIVA: Se puede hacer una casa sin planos, pero con ellos se puede construirla entre varios constructores, estimar los materiales, luego verificar sus dimensiones, moverse dentro de ella, saber donde pasan los caños y partes ocultas para reparaciones, cómo fue pensada, como ampliarla, etc.

SELECCIONAR EL TAMAÑO DE PÁGINA

Consideraciones para seleccionar el tamaño de página

- Considerar la impresora disponible por todos los involucrados en el proyecto.
- Considerar el lugar y las carpetas para guardar los esquemáticos.

Antiguamente era práctica común realizar esquemáticos complejos de una sola página. Hoy día la gran penetración en el mercado de las impresoras hogareñas nos condiciona a pensar en formatos de página soportados por éstas.



<https://bigblueprinthanger.com/wp-content/uploads/2015/08/rolling-stand-rack-300x300.jpg>

En Argentina corresponde usar la Norma ISO 216 o DIN 476, siendo A4 el tamaño soportado por la mayoría de las impresoras.

COMPLETAR EL RÓTULO

Información en el rótulo

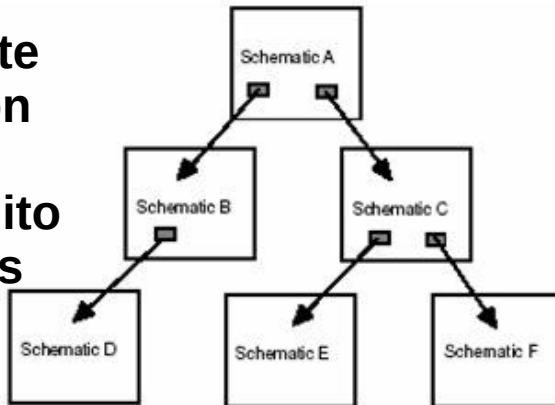
- Título general del circuito y/o del proyecto
- Título de cada subpágina (subcircuitos)
- Autores y revisores.
- Empresa o institución.
- Fecha.
- Versión.
- Copyright o licencia.
- Identificador de documentación (definido por el sistema de calidad).

La información que debemos o que queremos poner no siempre va a coincidir con la información que permite ingresar el software de diseño. Es nuestro trabajo buscar la manera de hacerlo.

DOCUMENT ID: CMNB-4832-0057		
Author: Noelia Scotti		
Revisor: Diego Alamon, Diego Brengi		
Copyright INTI – CMNB, Argentina		
Sheet: /Principal/Bluetooth RN42/		
File: Bluetooth.sch		
Title: Bombshell 1 Prototype – Bluetooth Microchip Module		
Size: A4	Date: 06/08/2015	Rev: 1.3
KiCad E.D.A. kicad (2015-09-12 BZR 6188)-product		Id: 5/7
4	5	6

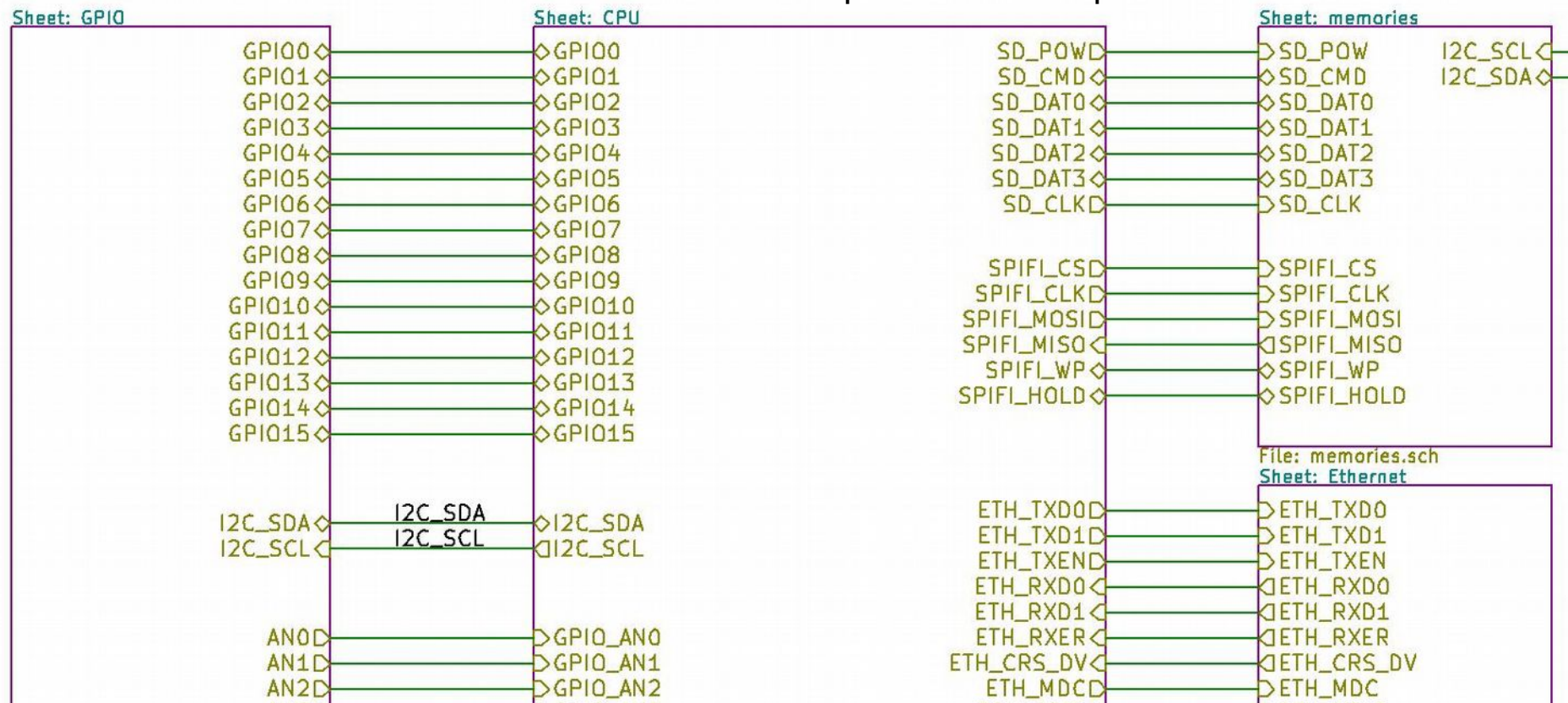
DEFINIR LA JERARQUÍA

Definir adecuadamente la jerarquía con el objetivo de dividir el circuito en varias hojas en forma inteligente



<http://81.161.252.57/ipci/courses/PCBdesign/files/tutorial/images/16/Image13.jpg>

- Pensar en los distintos subcircuitos (división funcional).
- En caso que algunos subcircuitos sean muy simples y pequeños, se puede evaluar agruparlos en una hoja.
- Pensar en no sobrecargar las hojas.
- Analizar las líneas de interconexión entre circuitos.
- Pensar en el trabajo en grupo, donde se distribuye el diseño por hojas para bajar los tiempos de diseño o por áreas de experiencia.



ARMAR EL INDICE

Los circuitos de varias hojas necesitan un índice.

El índice se coloca generalmente en la primera página y permite ubicar rápidamente un subcircuito.

OpenRex

Variant: Production

10. 1. 2016
V1I1

RELEASED 10-JAN-2016

Page	Index	Page	Index	Page	Index	Page	Index
1	COVER PAGE	11	CPU - JTAG, CONTROL	21	AUDIO	31	.....
2	BLOCK DIAGRAM	12	CPU - POWER	22	SD CARD, SPI, FLASH, EEPROM	32	.....
3	CPU - DDR3, DDR3 MEM	13	CPU - UNUSED	23	SENSORS, CAN, IR	33	.....
4	CPU - PCIE, USB	14	MCU	24	HEADERS, UART	34	.....
5	CPU - HDMI, LVDS	15	ETHERNET PHY	25	LEDS, BUTTONS	35	.....
6	CPU - ETHERNET, SATA	16	HDMI	26	PWR PMIC	36	.....
7	CPU - CSI, DISP	17	LVDS, CSI, LCD, TSC	27	PWR 1V375 OPT, 3V3 OPT	37	.....
8	CPU - SPI, UART	18	PCIE MINI	28	PWR IN, MECH, DOC	38	.....
9	CPU - SD, AUDIO, I2C, CAN	19	USB	29	POWER SEQUENCING	39	.....
10	CPU - GPIO, PWM, LEDES, BUTTONS	20	ETHERNET, SATA	30	REVISION HISTORY	40	.....

DESIGN CONSIDERATIONS

DESIGN NOTE:
Example text for informational
design notes.

DESIGN NOTE:
Example text for cautionary
design notes.

DESIGN NOTE:
Example text for debug notes.

DESIGN NOTE:
Example text for critical
design notes.

LAYOUT NOTE:
Example text for critical
layout guidelines.

TOP VIEW

BOTTOM VIEW

Would you like to learn how to design boards like this?

FEDEVEL

We designed this board, so you can learn.
Google for FEDEVEL Academy #1

Academy - Learn Schematic & PCB Design ONLINE

(c) 2016 FEDEVEL. FREE for personal and commercial use. See the license.

Title: OpenRex

Variant: Production

Page Content: [01] - COVER PAGE_SchDoc

Checked by:

Doc: D000-ND

Rev: V1I1

Date: 10. 1. 2016

Designed by: www.fedevel.com

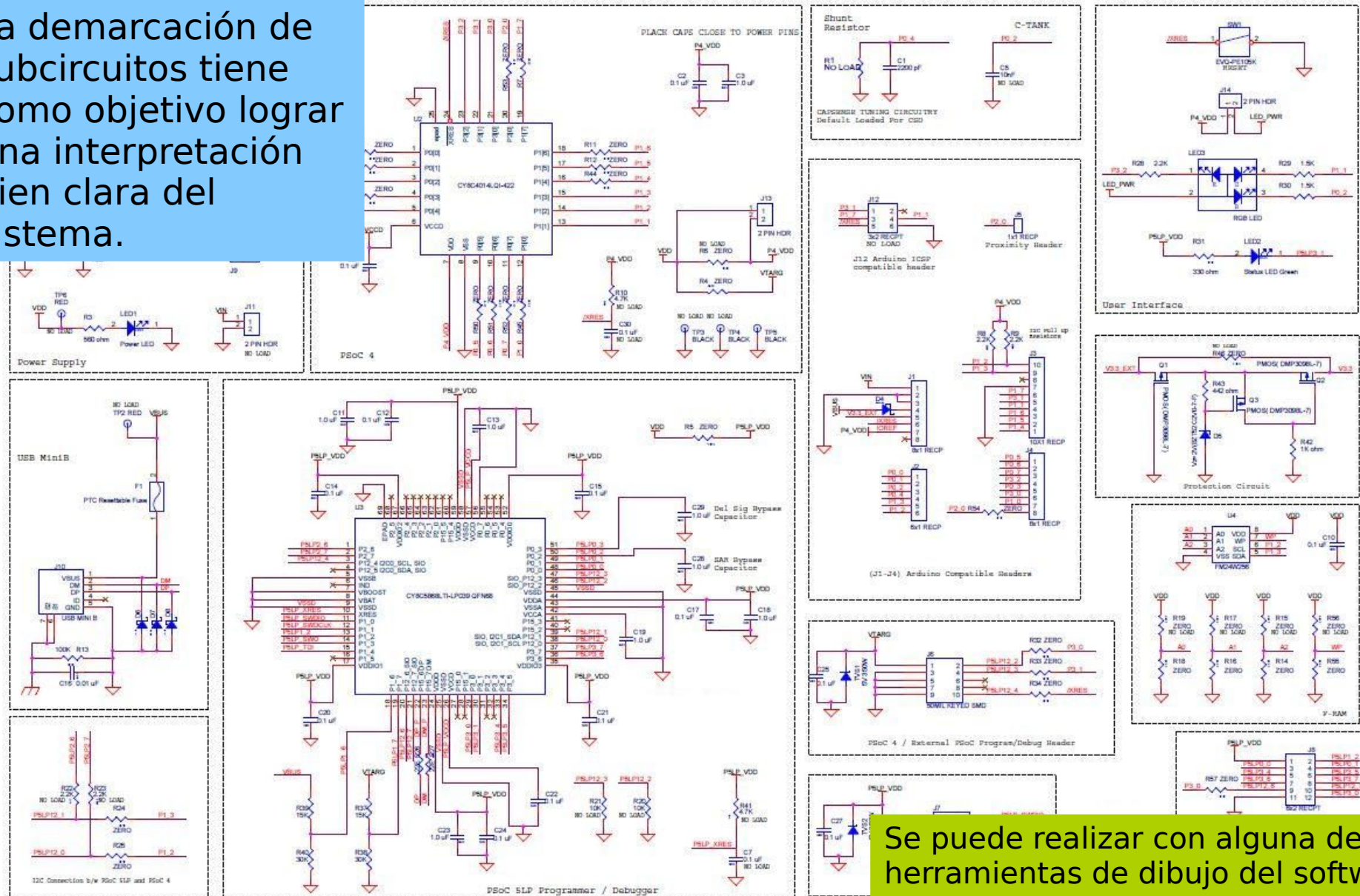
Sheet: 1 of 31



BLOQUES FUNCIONALES

Cuando se dibujan varios subcircuitos en una misma página, delimitar adecuadamente los mismos.

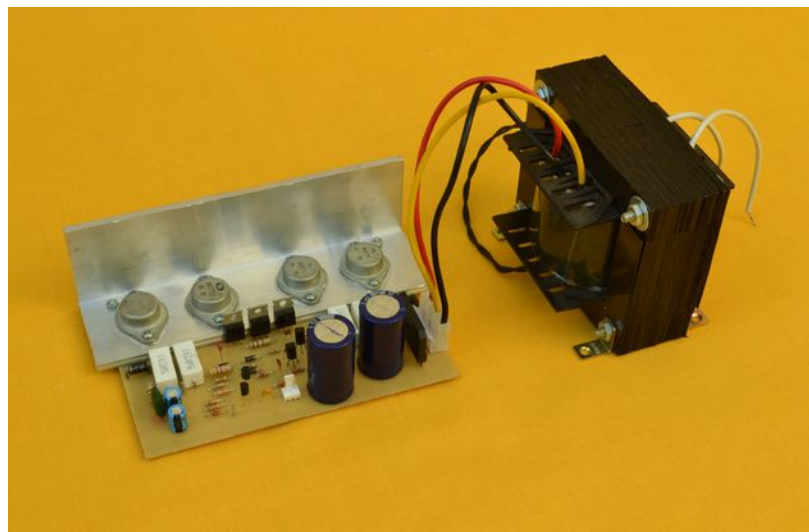
La demarcación de subcircuitos tiene como objetivo lograr una interpretación bien clara del sistema.



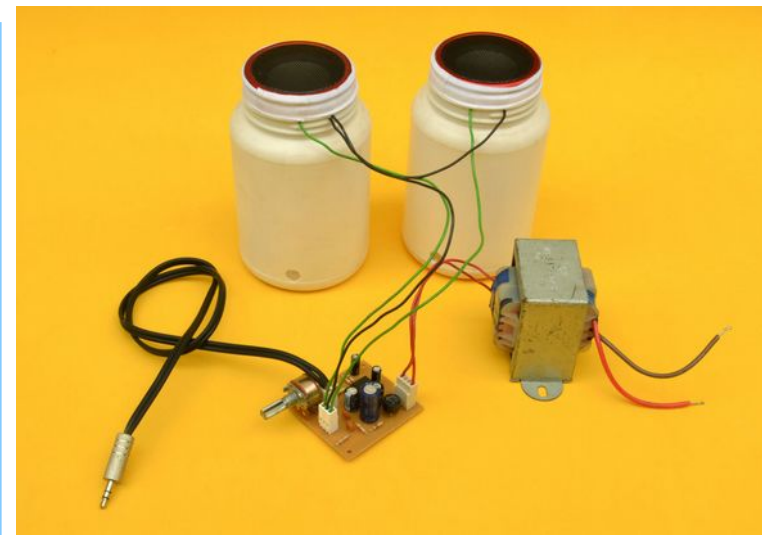
Se puede realizar con alguna de las herramientas de dibujo del software.

COMPONENTES EXCLUIDOS DEL ESQUEMÁTICO

Consideraremos los esquemáticos desde el punto de vista del diseño del PCB.

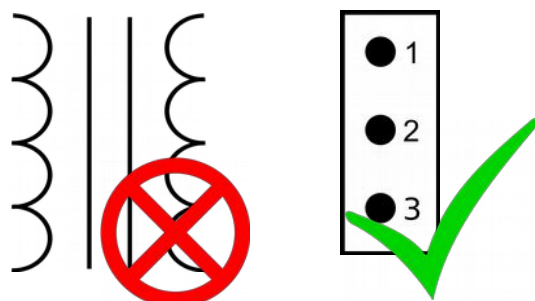


El circuito esquemático debe considerar los componentes montados sobre el PCB, excluyendo los que se montarán afuera.



http://construyasuvideorockola.com/imagenes/proyectos/amp_audifonos/tda2822_12.jpg

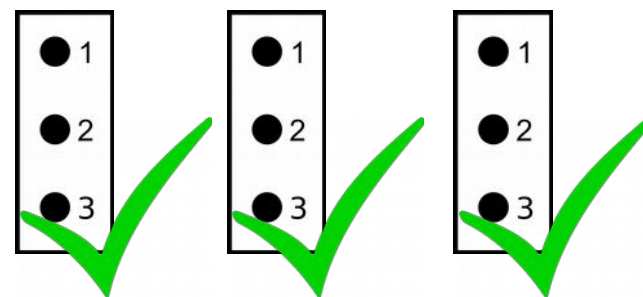
http://construyasuvideorockola.com/imagenes/amp_zener_to3/amp_to3_26.jpg



Para aquellos componentes fuera del PCB, pero conectados al mismo, se considerará solamente el conector que va montado en el PCB.



Se puede colocar un “dibujo” a modo explicativo cerca del conector, pero sin realizar una conexión.

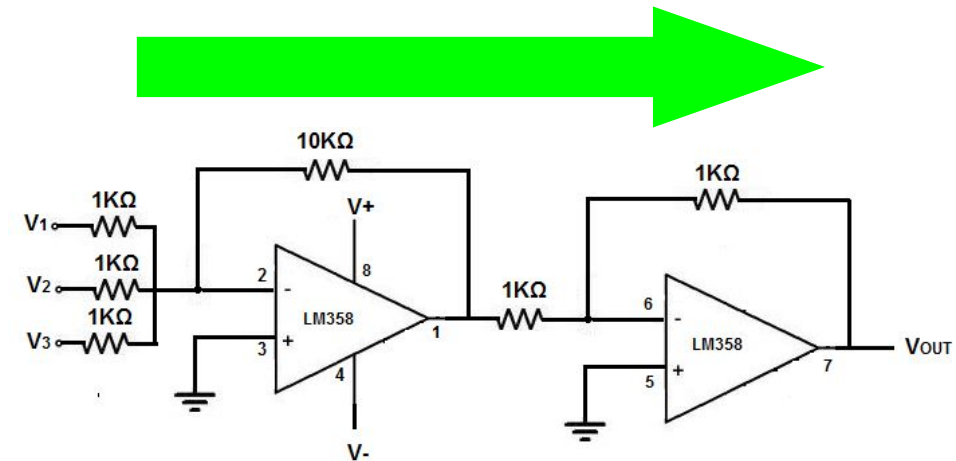
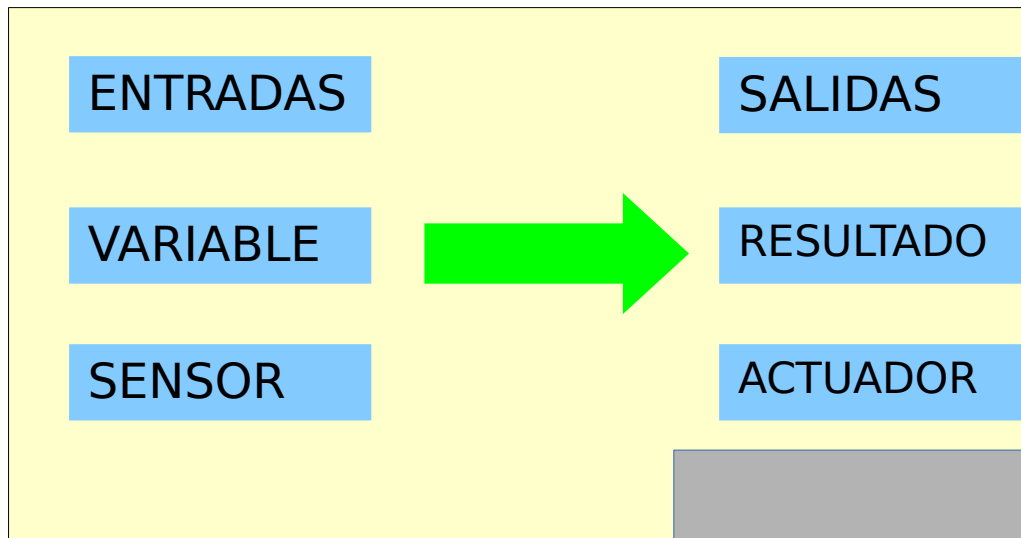


FLUJO DE IZQUERDA A DERECHA

Se intentará respetar el sentido de lectura, de izquierda a derecha, para representar el funcionamiento del circuito.

Este sentido se debe respetar para:

- Las entradas vs. las salidas.
- El camino de la señal.
- El camino de los datos.
- Baja señal vs. Señal acondicionada.
- Sensores vs. Actuadores.

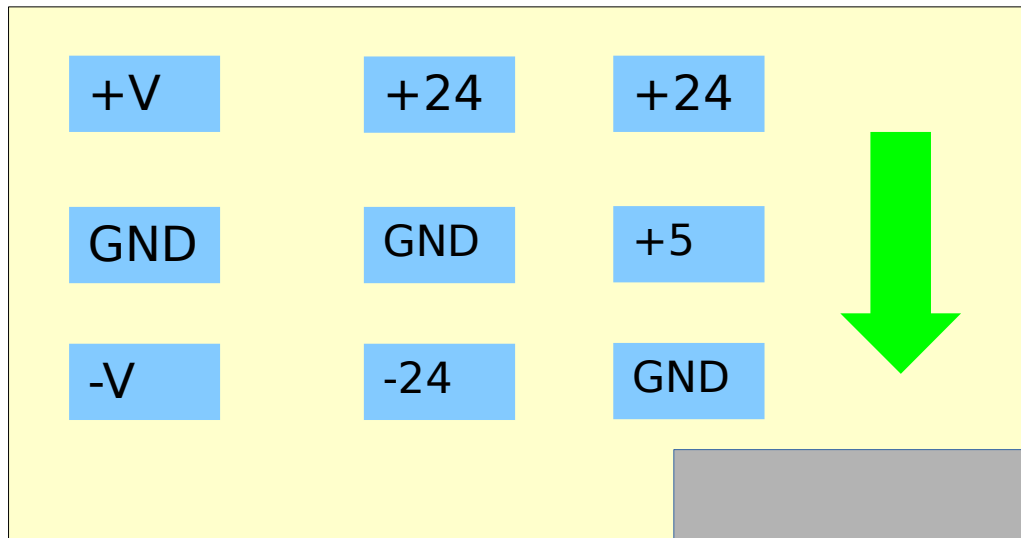


<http://www.learningaboutelectronics.com/images/Summing-amplifier-circuit.png>

Se trata de una regla general que debe tenerse en cuenta porque facilita la comprensión, aunque por motivos prácticos a veces puede resultar difícil aplicarla en todos los casos.

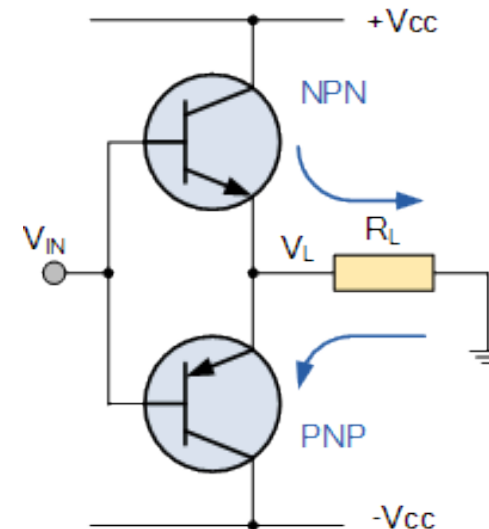
TENSIONES DE ARRIBA HACIA ABAJO

- Para facilitar la comprensión del circuito, se deben dibujar las referencias de tensiones más altas arriba de las más bajas.
- De la misma forma para los nodos de un circuito.
- De esta manera los sentidos de las corrientes en las ramas, serán en general desde arriba hacia abajo.
- Esta regla se aplica a nivel de ramas del circuito y se trata de una regla bastante flexible y que no siempre es fácil aplicarla.



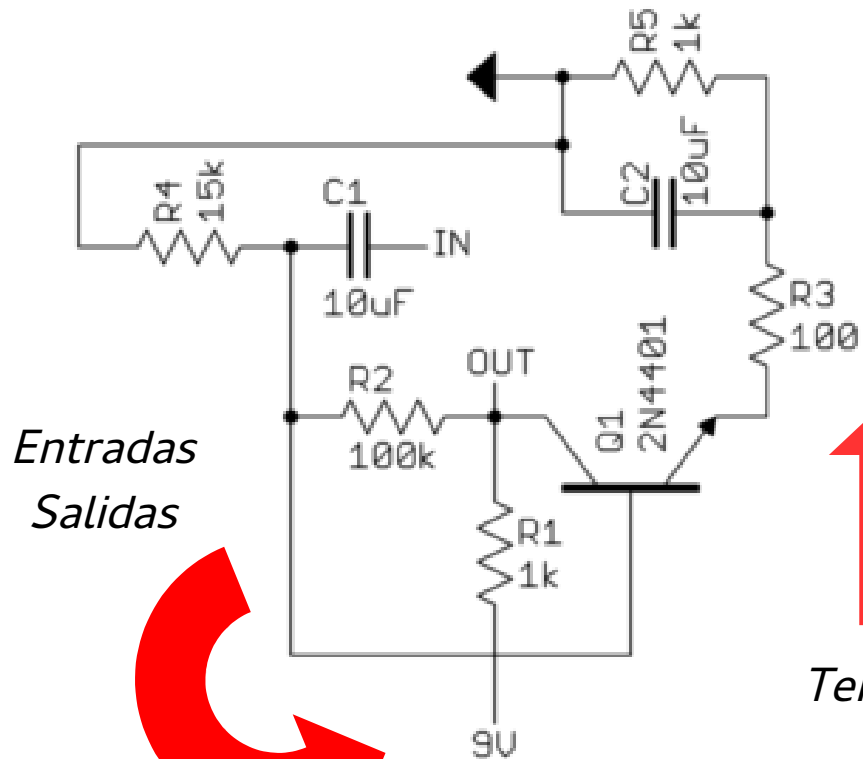
Cuando se estudian los circuitos clásicos, se dibujan generalmente de esta forma, y es por eso que dibujarlo y visualizarlo así facilita la interpretación de un circuito nuevo o desconocido.

Dibujar las tensiones mayores por encima de las menores, en cada rama, ayudará a interpretar el circuito.

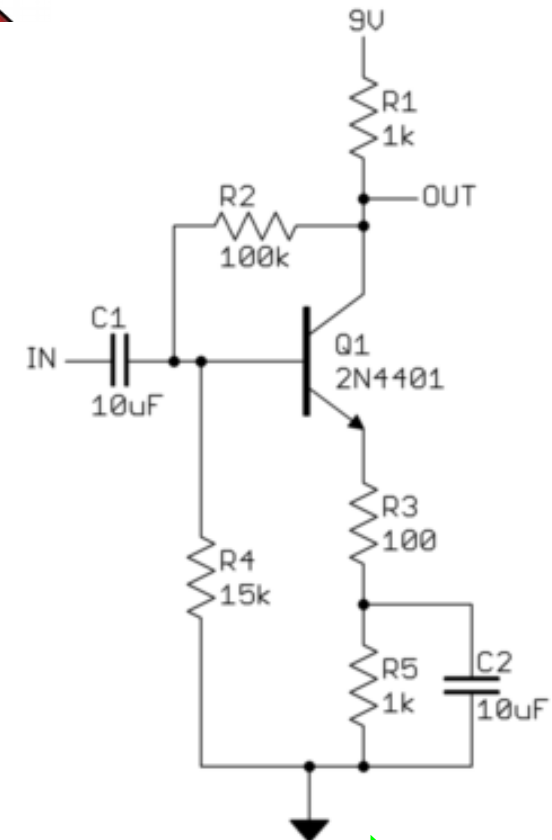


<http://www.electronics-tutorials.ws/transistor/tran45.gif?x98918>

COMBINANDO LAS DOS ANTERIORES



Tensiones



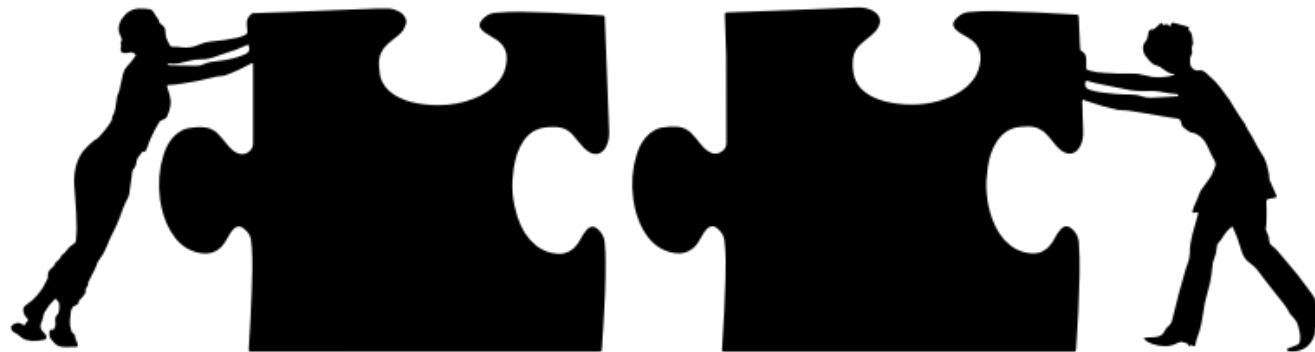
Tensiones

Entradas Salidas

<https://electronics.stackexchange.com/questions/28251/rules-and-guidelines-for-drawing-good-schematics>

USO DE LA GRILLA

- En el esquemático se aconseja enfáticamente no tocar la grilla.
- Todos los puntos de conexión de los símbolos en las bibliotecas estarán hechos con la misma grilla, que también será la grilla por defecto.
- Usar esa misma grilla si se crea un símbolo nuevo, especialmente para los puntos de conexión (terminales).



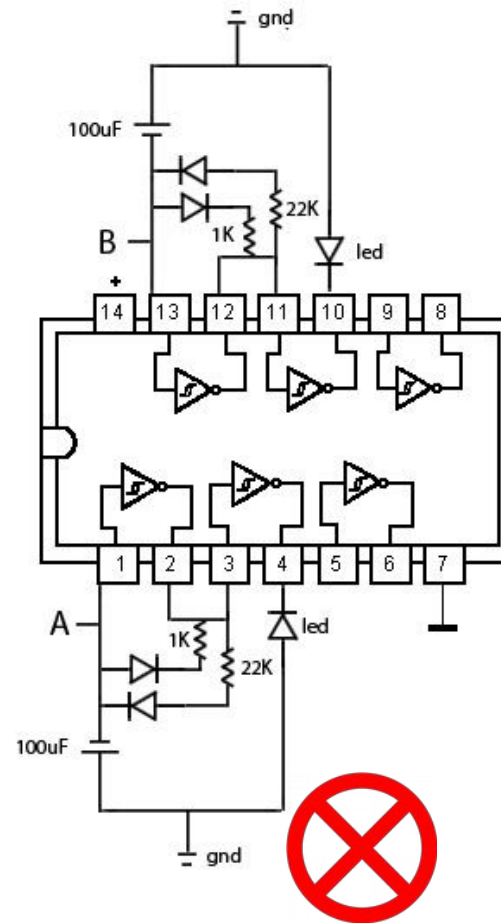
En caso de usar una grilla menor para alguna operación particular, recordar volver a la grilla por defecto inmediatamente.

SÍMBOLOS ADECUADOS - Multipartes

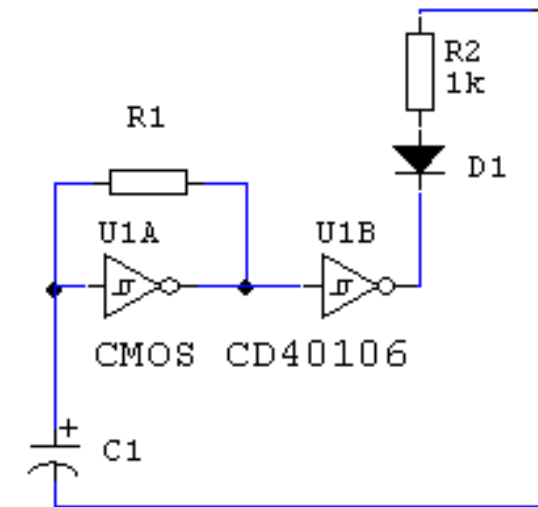
La importancia de los símbolos multipartes

- Usar multipartes cuando el mismo ayudará a la claridad y organización del esquemático.
- En un esquemático no es relevante la disposición física de los subcomponentes dentro de un integrado.

La disposición de componentes según el encapsulado no permitirá cumplir con las reglas mencionadas anteriormente ni utilizar los componentes en distintas páginas o sectores.



http://obrazki.elektroda.net/99_1290972650.jpg



http://static.elektroda.pl/attach/generator_1408.gif

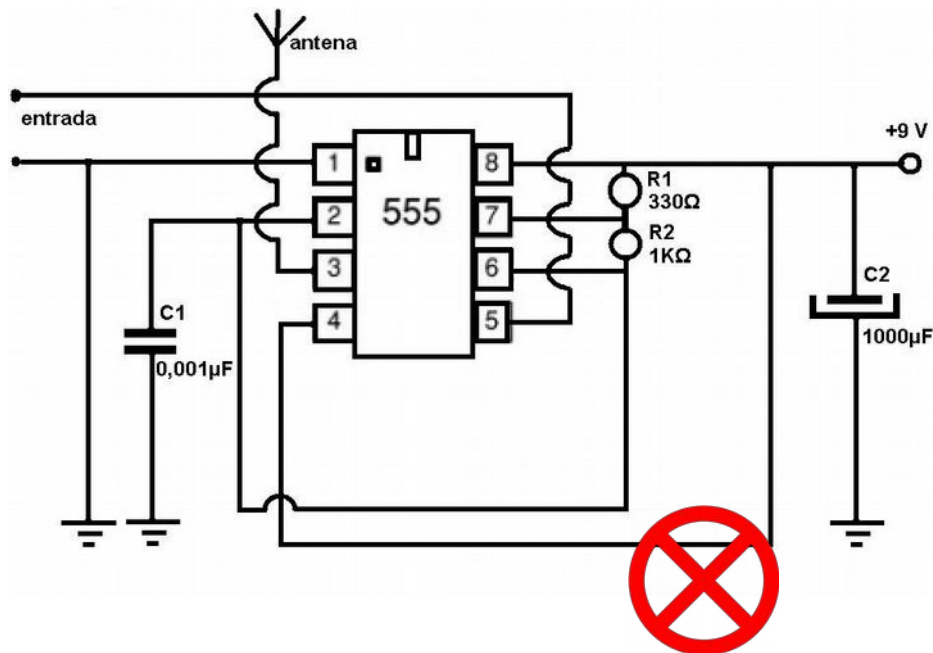
SÍMBOLOS ADECUADOS – Organización de pines

Reorganizar los pines cuando sea necesario.

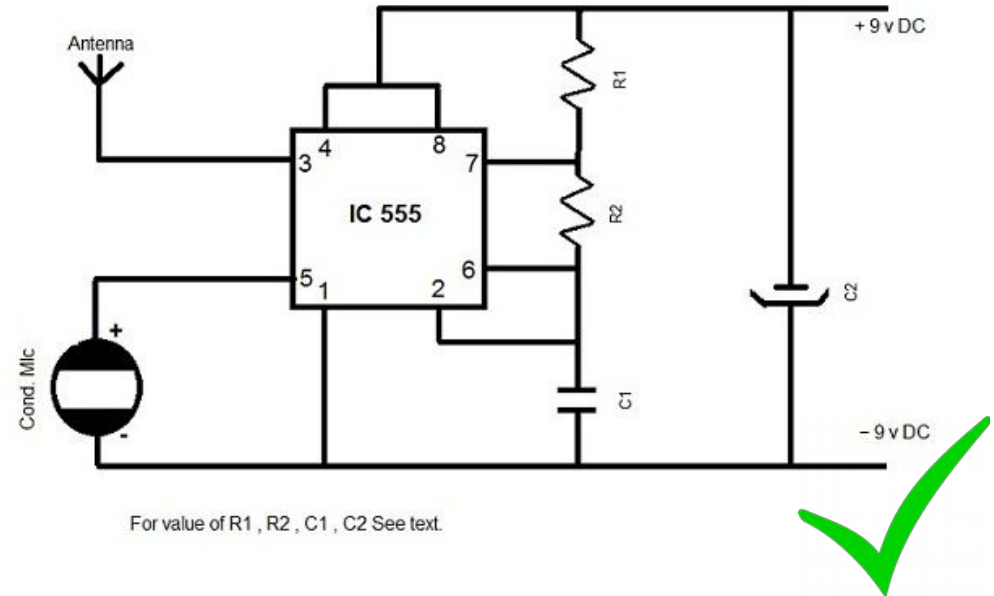
- Organizar los terminales según su función y no según el número de pata del encapsulado.
- Organizar los terminales de los símbolos con las entradas a la izquierda y salidas a la derecha para facilitar la regla correspondiente.
- Las alimentaciones pueden disponerse de manera de reforzar las reglas anteriores sobre tensiones.

La disposición de componentes según el encapsulado no permitirá cumplir con las reglas mencionadas anteriormente sobre entradas, salidas y tensiones.

En la mayoría de los programas, los símbolos, además de rotarse, pueden espejarse en X y en Y para ayudarnos a organizar el circuito.



<http://k40.kn3.net/taringa/1/5/8/0/7/7/73/robhsa/D5B.jpg?1646>

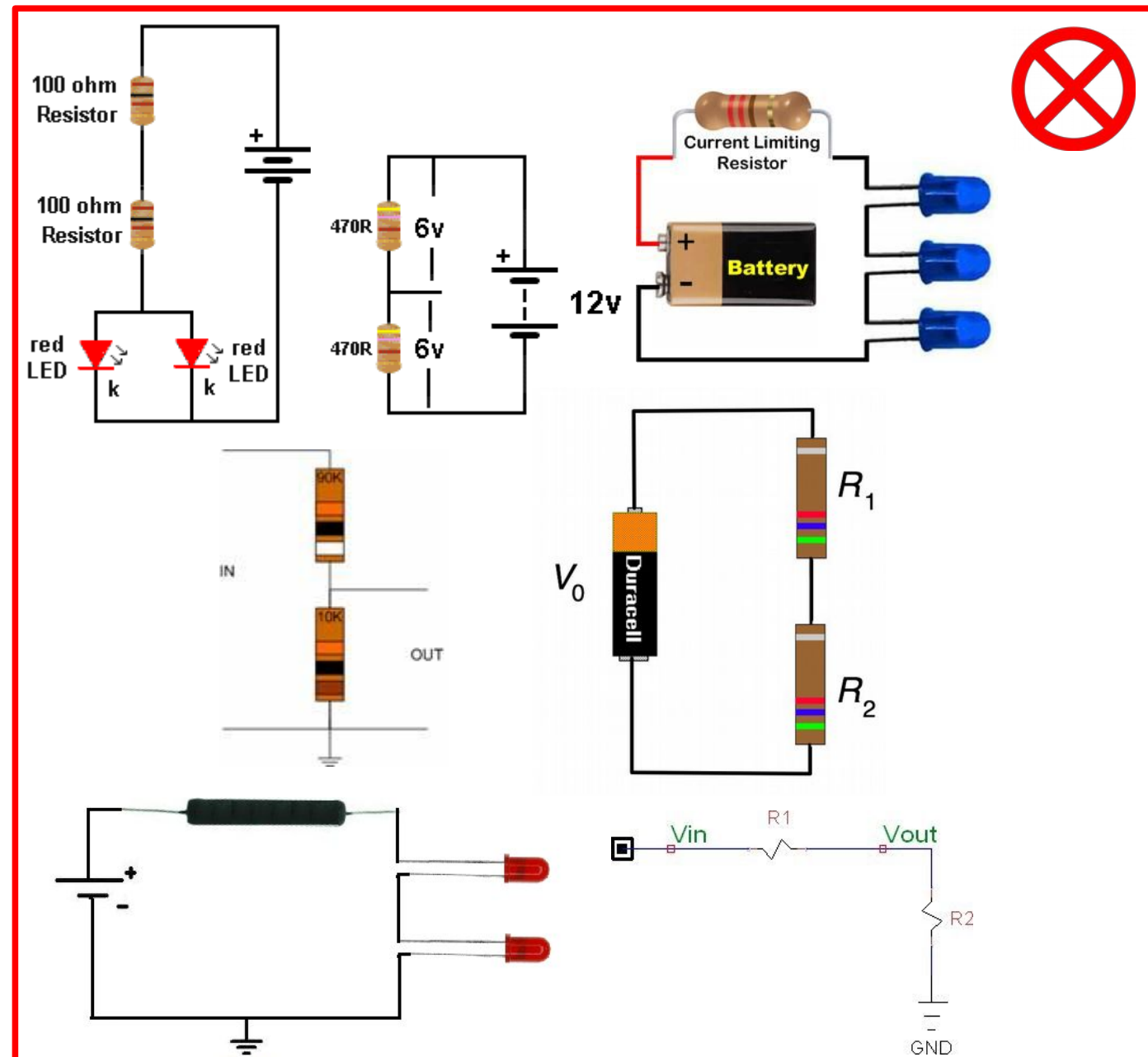


For value of R1 , R2 , C1 , C2 See text.

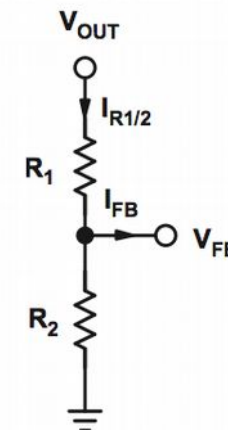
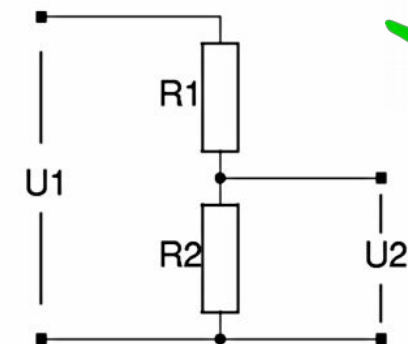
<http://1.bp.blogspot.com/-mW6Jmcgxhcc/T7MtBMQJQU/AAAAAAAAAT/IXPPMdFkfmQ/s1600/1.bmp>

SÍMBOLOS ADECUADOS – Normas

Como ya vimos existen normas que definen la simbología de cada componente.

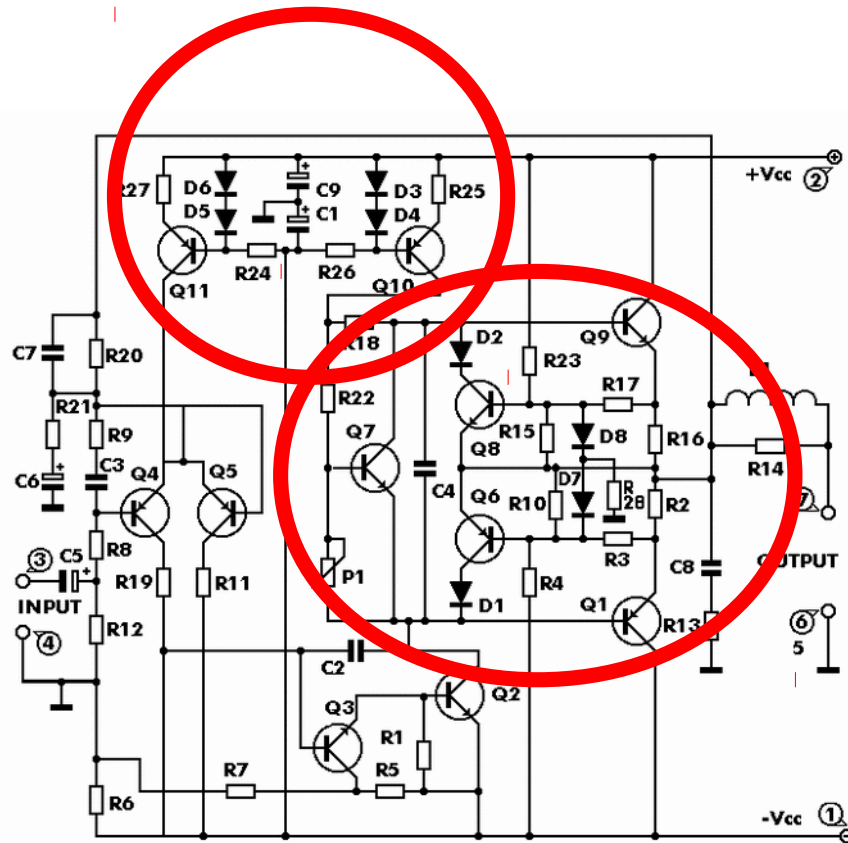


Utilizar los símbolos definidos por las normas.

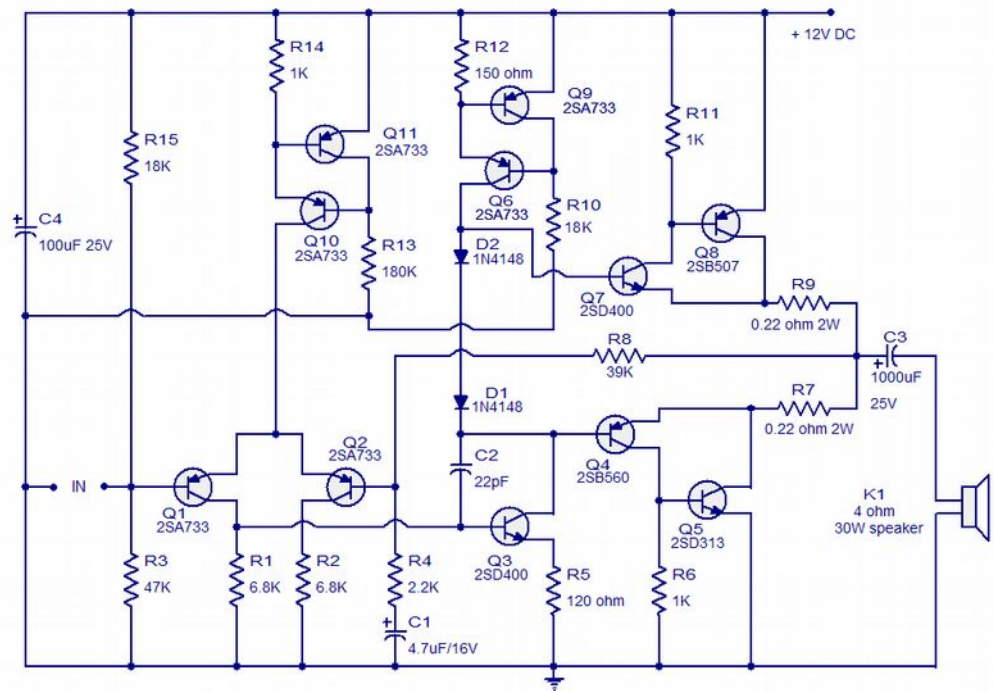


ESPACIADO ENTRE SÍMBOLOS

Se debe considerar un espaciado generoso y regular entre símbolos para darle claridad de lectura al circuito.



<http://www.next.gr/uploads/7/100W%2BPower%2BAmplifier%2BCircuit%2BDiagram.gif>



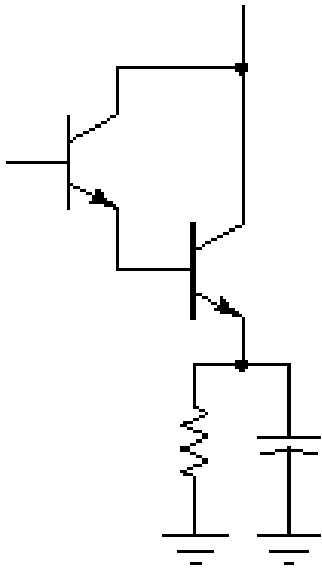
<http://www.circuitstoday.com/wp-content/uploads/2011/10/class-ab-amplifier-12-v.png>



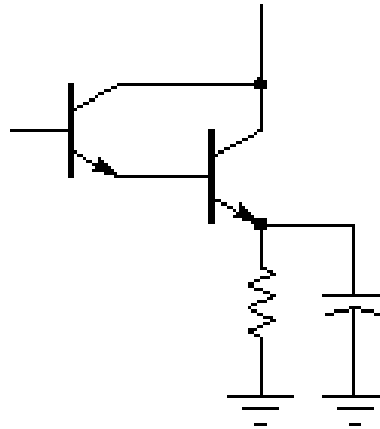
PROLIJIDAD DE LAS INTERCONEXIONES

Es buena práctica colocar siempre un tramo de conexión en cada terminal.

Es mala práctica superponer terminales para realizar conexiones, o formar uniones sobre los terminales.

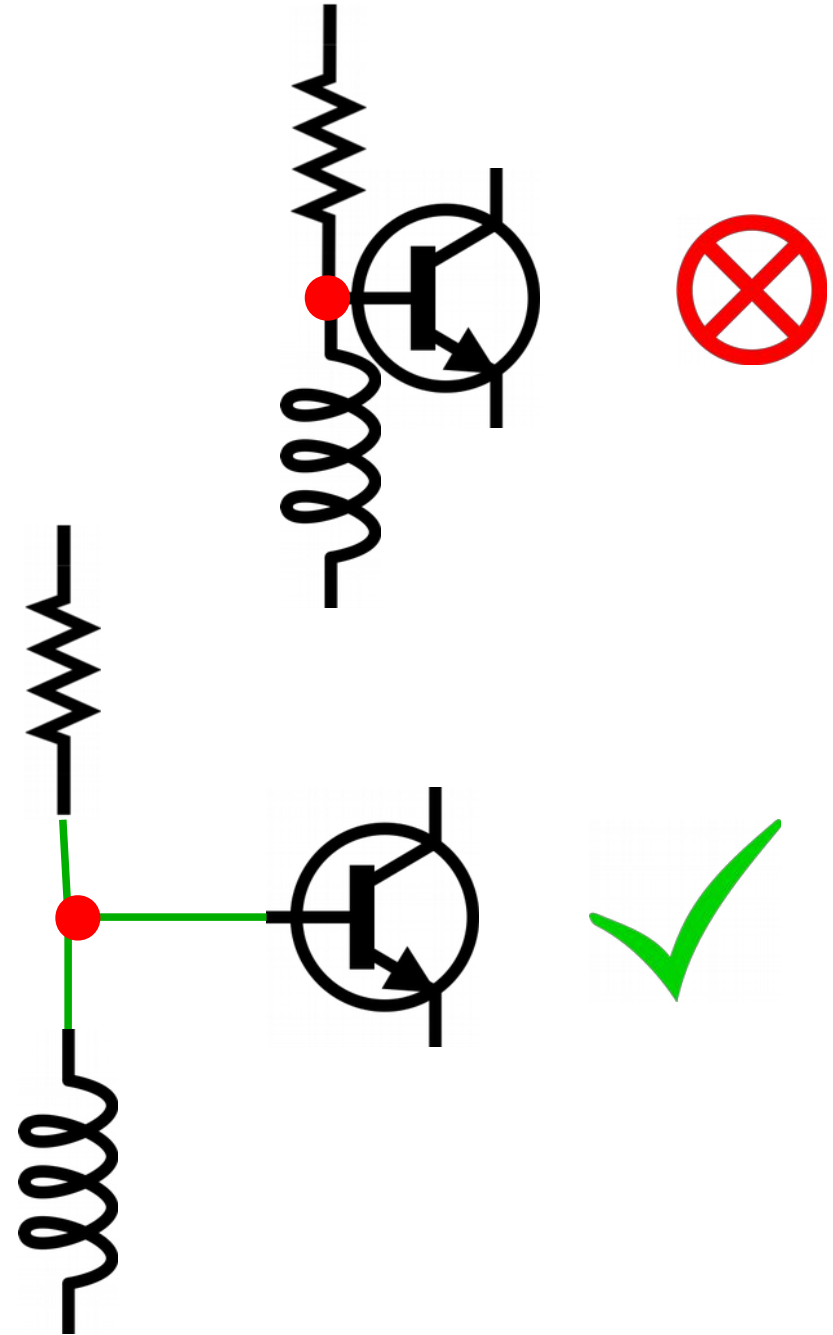


do



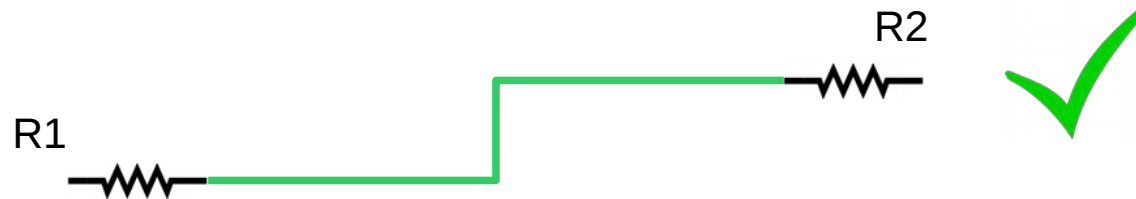
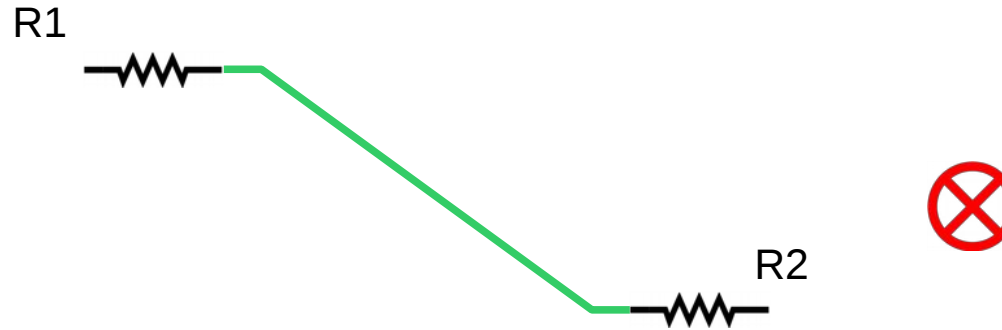
don't

<http://opencircuitdesign.com/xcircuit/goodschem/goodschem.html>



CLARIDAD DEL CONEXIONADO

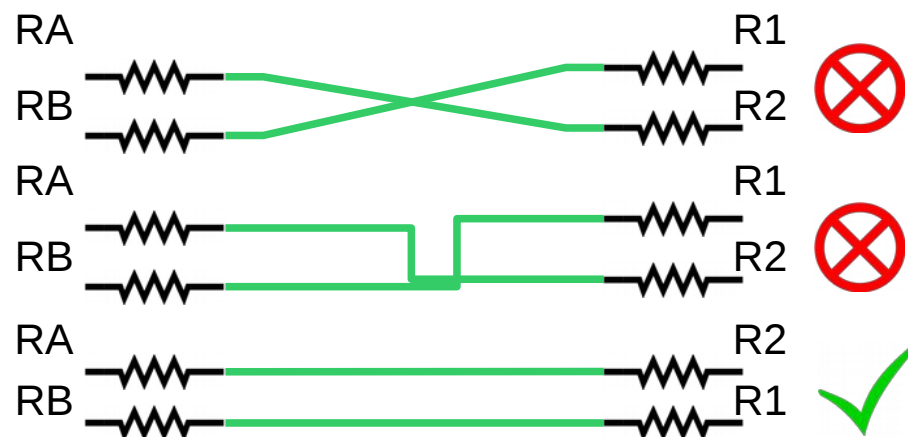
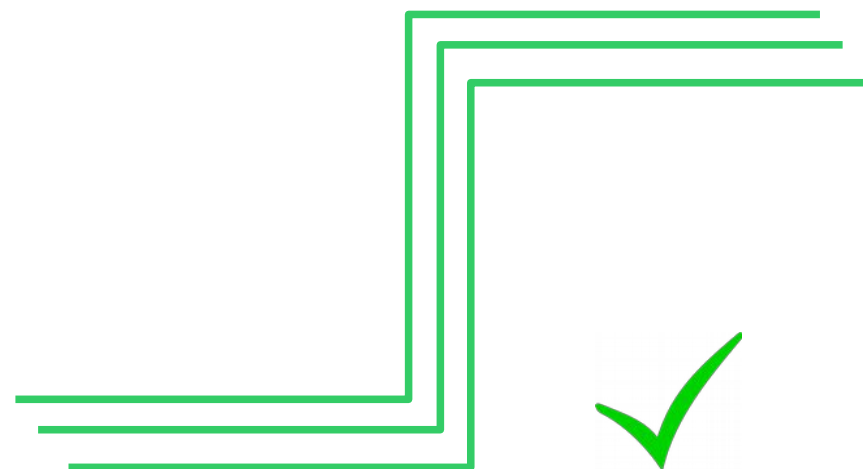
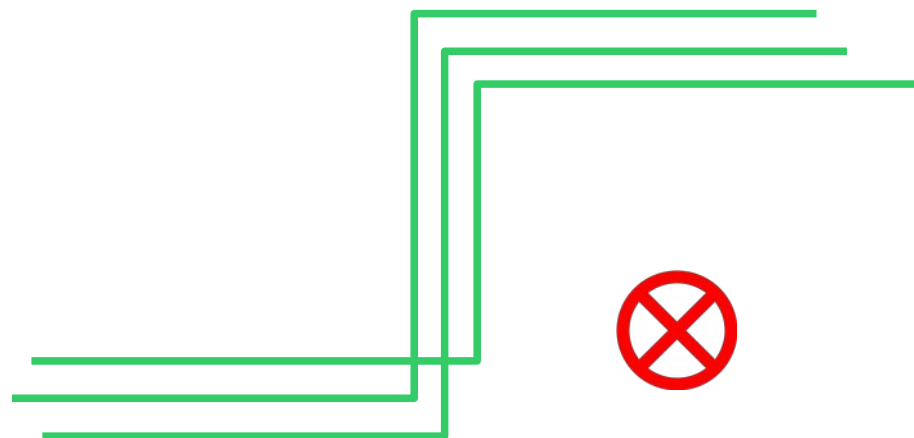
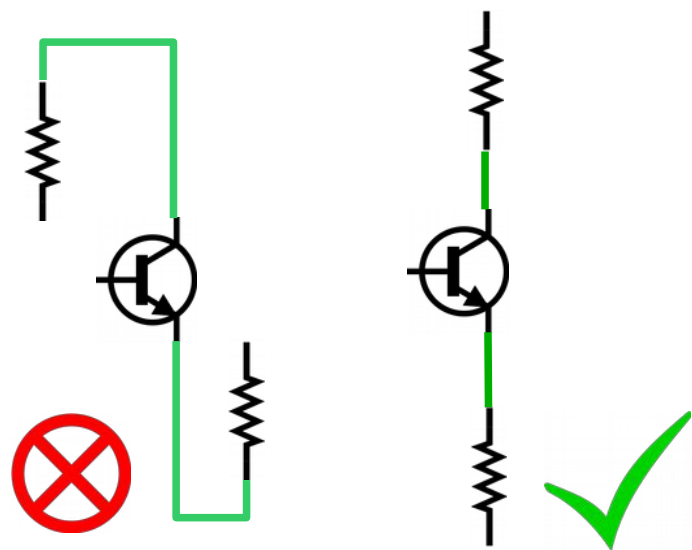
En un esquemático las líneas de interconexión se realizan en forma horizontal o vertical, nunca en diagonal.



CLARIDAD DEL CONEXIONADO

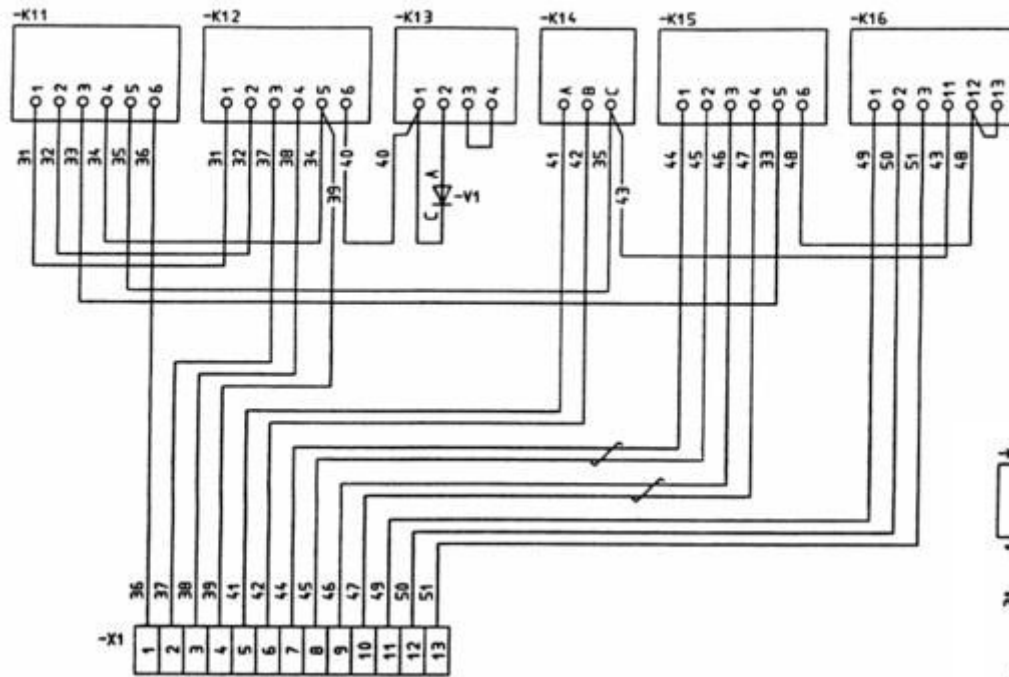
Al realizar las conexiones, poner esfuerzo en la claridad del conexionado.

- Evitar cruces innecesarios.
- Ramas prolijas y directas.

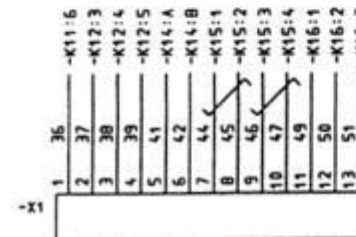
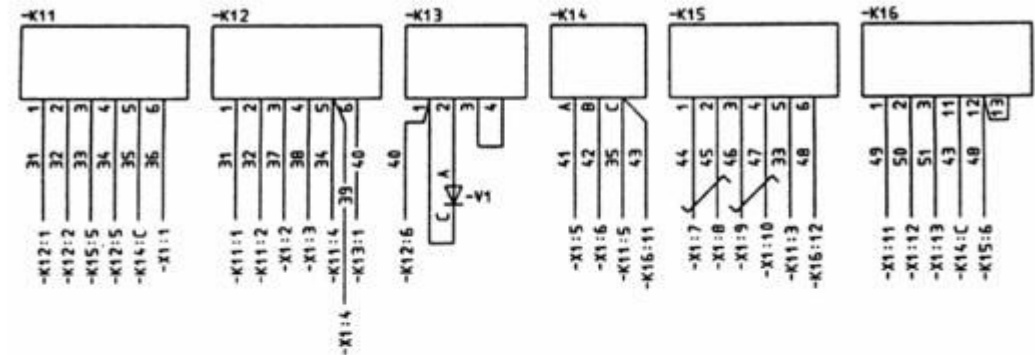


CONEXIONADO DE VARIAS LÍNEAS

Cuando hay muchas líneas a conectar se buscará mayor prolijidad. Si no es posible, se deberá resolver con etiquetas.

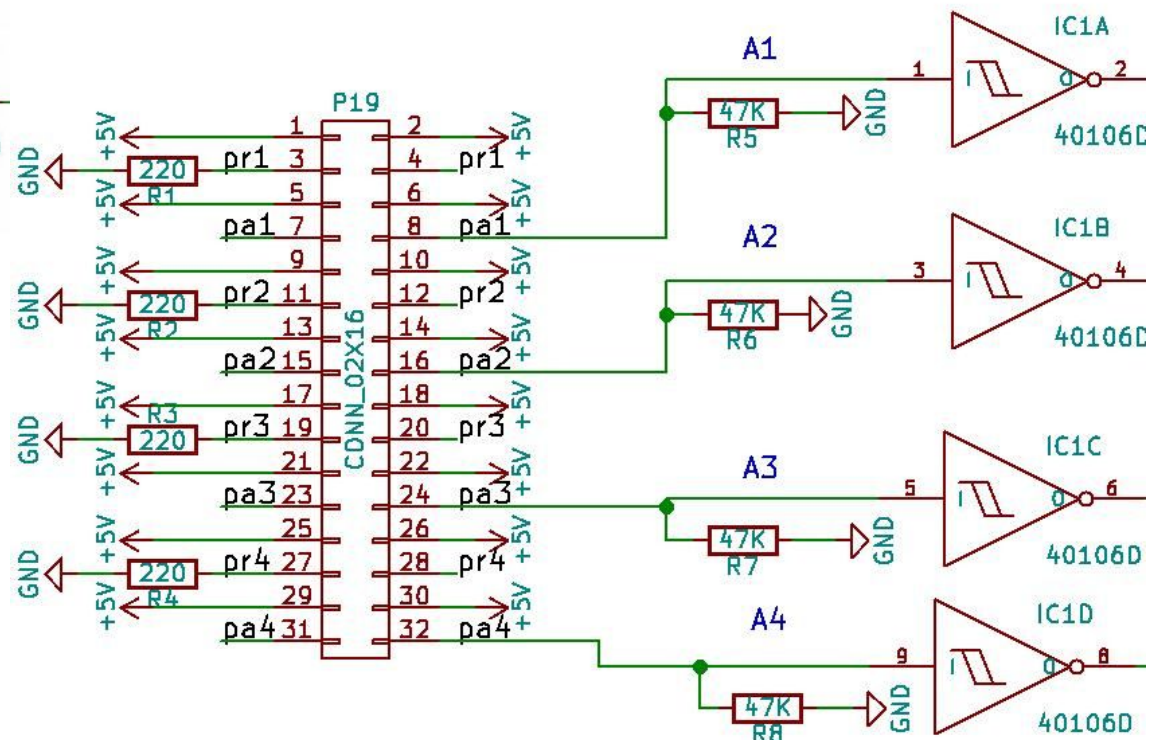
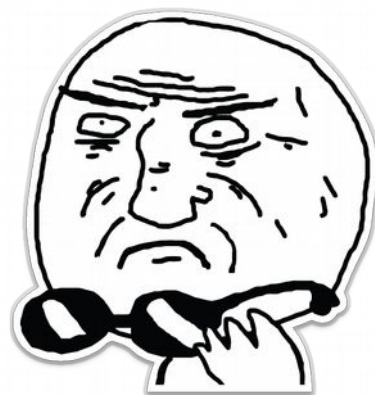
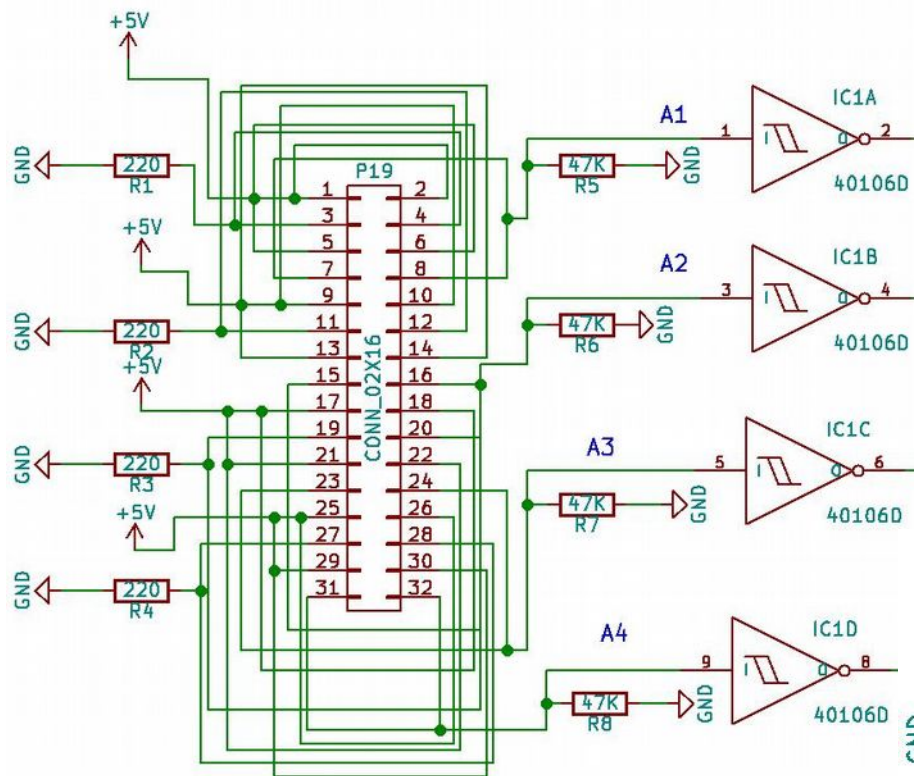


Es preferible mostrar explícitamente las conexiones



Si no es posible conectar con claridad, usar etiquetas locales.

CONEXIONADO DE VARIAS LÍNEAS

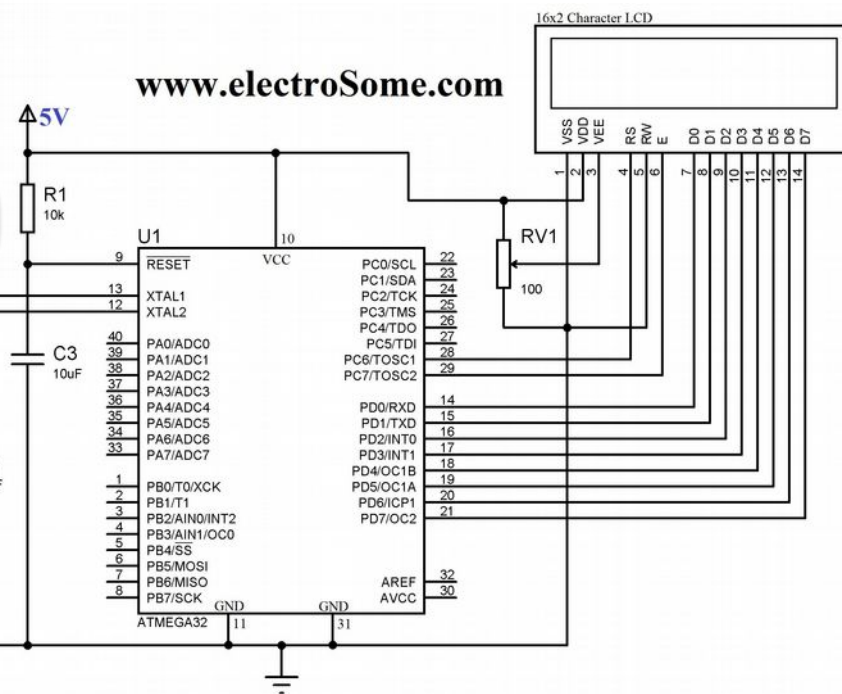


Si se quiere aún mayor claridad se puede pensar en redibujar el conector.

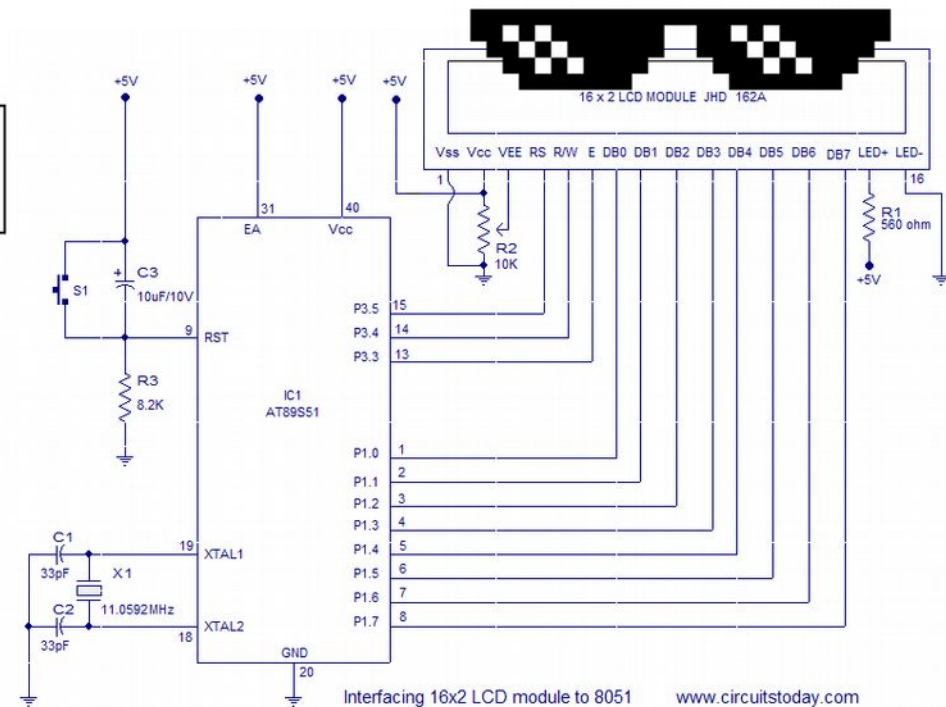
USO DE REFERENCIAS PARA ALIMENTACIONES

El uso de referencias de tensión ayudan a darle claridad al circuito, quitando líneas del esquemático.

- Las referencias de tensión evitan conectar una gran cantidad de líneas.
- Utilizarlas siempre en abundancia.
- Si un nodo es muy utilizado en un circuito, puede utilizarse una etiqueta global, similar a una referencia de tensión.



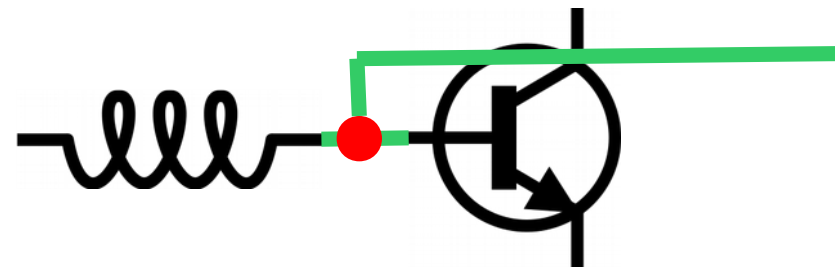
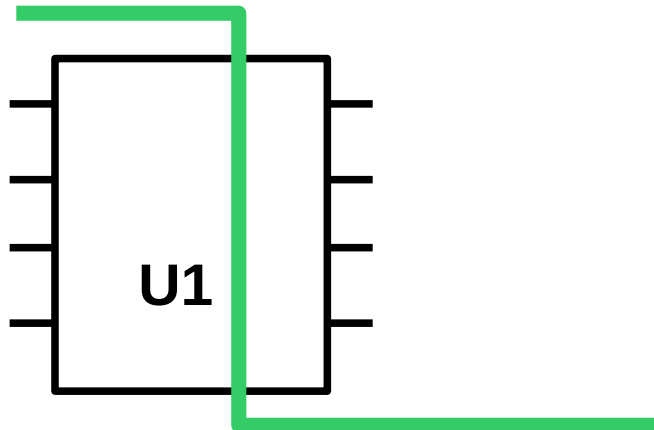
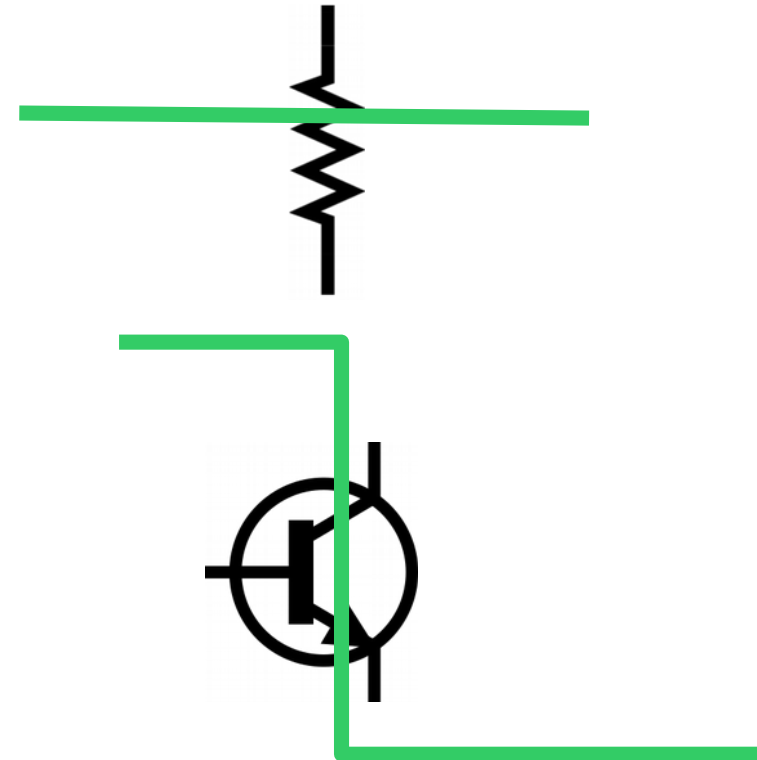
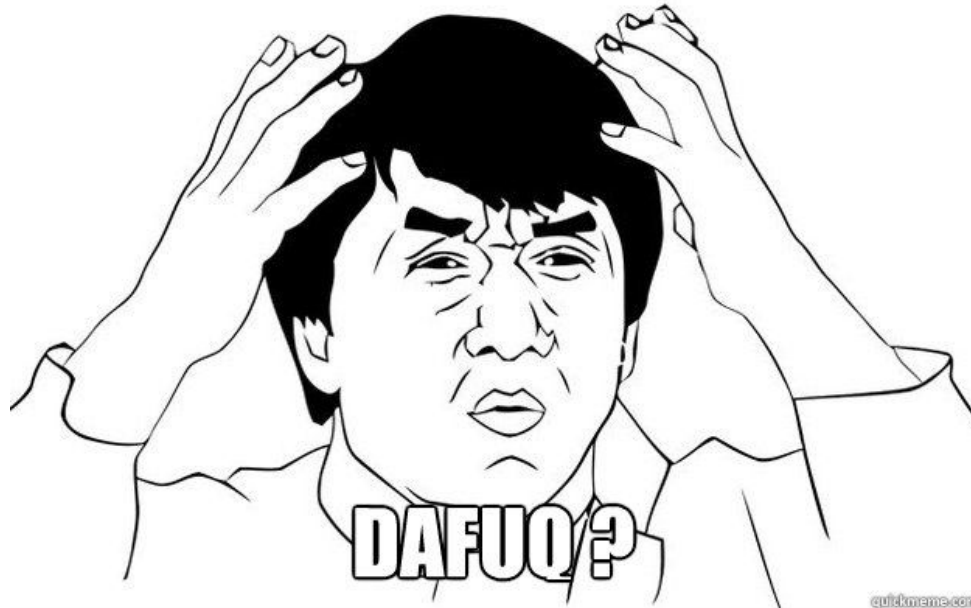
<https://electrosome.com/wp-content/uploads/2013/05/Interfacing-LCD-with-Atmega32-Microcontroller-8-Bit-Mode.jpg>



<http://www.circuitstoday.com/wp-content/uploads/2012/06/interfacing-16x2-LCD-to-8051.png>

NUNCA PASAR POR ARRIBA DE UN SÍMBOLO

Por prolijidad, esta prohibido pasar con un línea de conexión por encima de un símbolo.

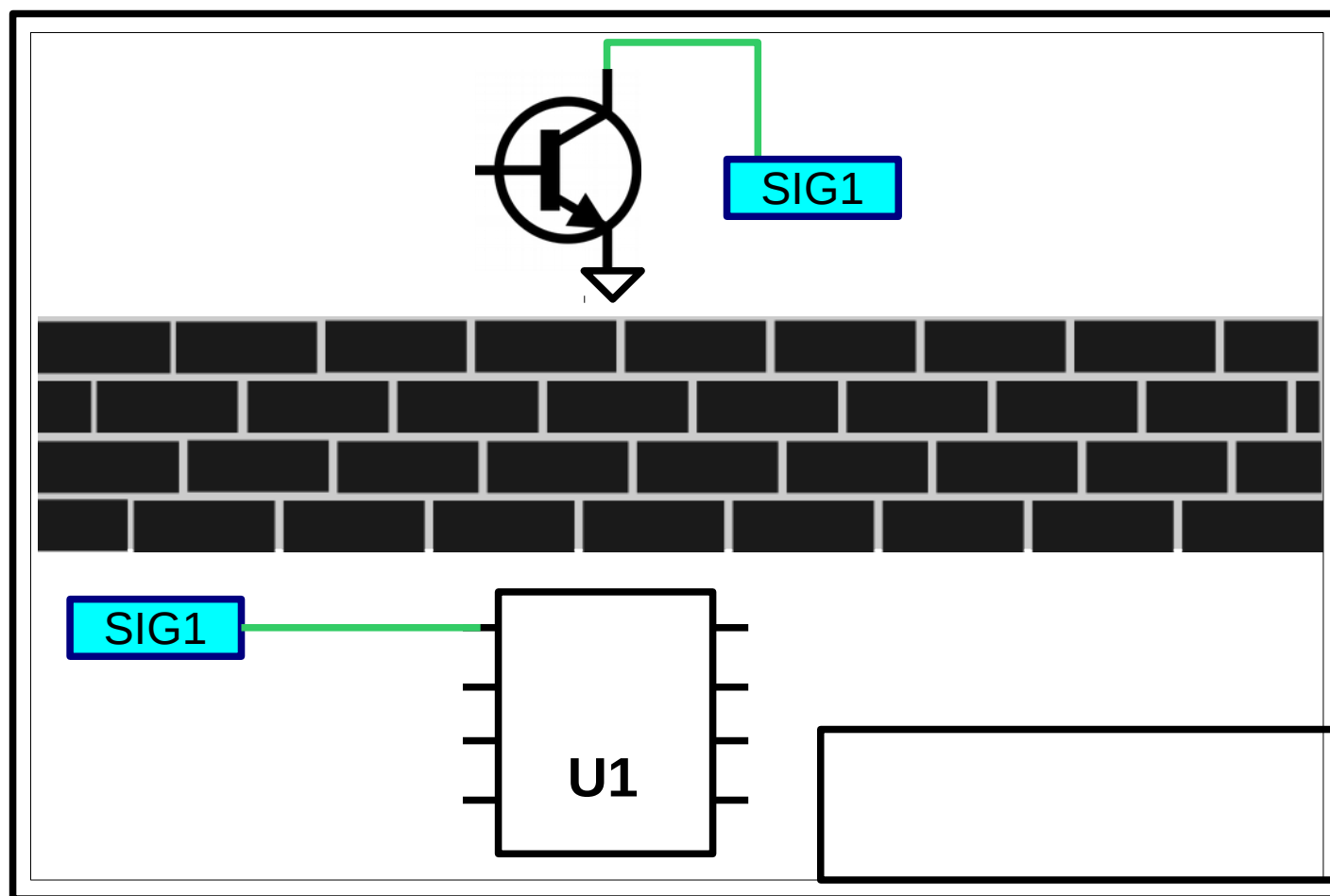


USO DE ETIQUETAS LOCALES

Para evitar dibujar completamente una conexión dentro de una página se utilizan etiquetas locales.

- Cuando la conexión debe cruzar por sobre otros circuitos.
- Cuando las conexiones de ese nodo son muchas y se complica conectarlas con líneas.

Se resigna la claridad que brinda el conexionado directo, para evitar líneas del esquemático.

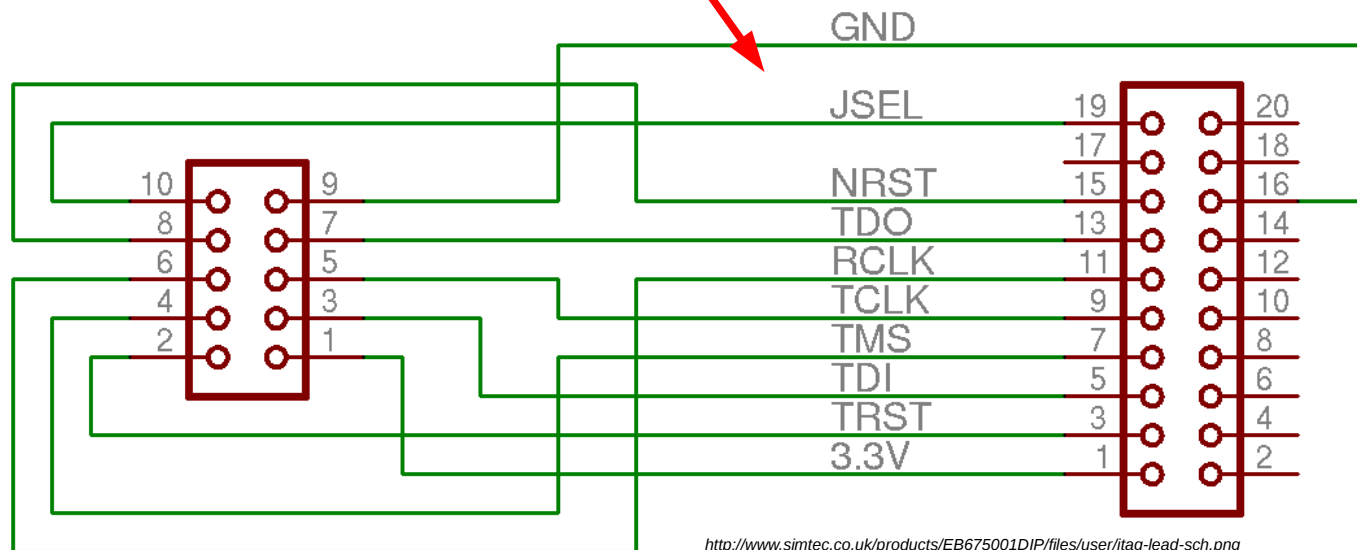
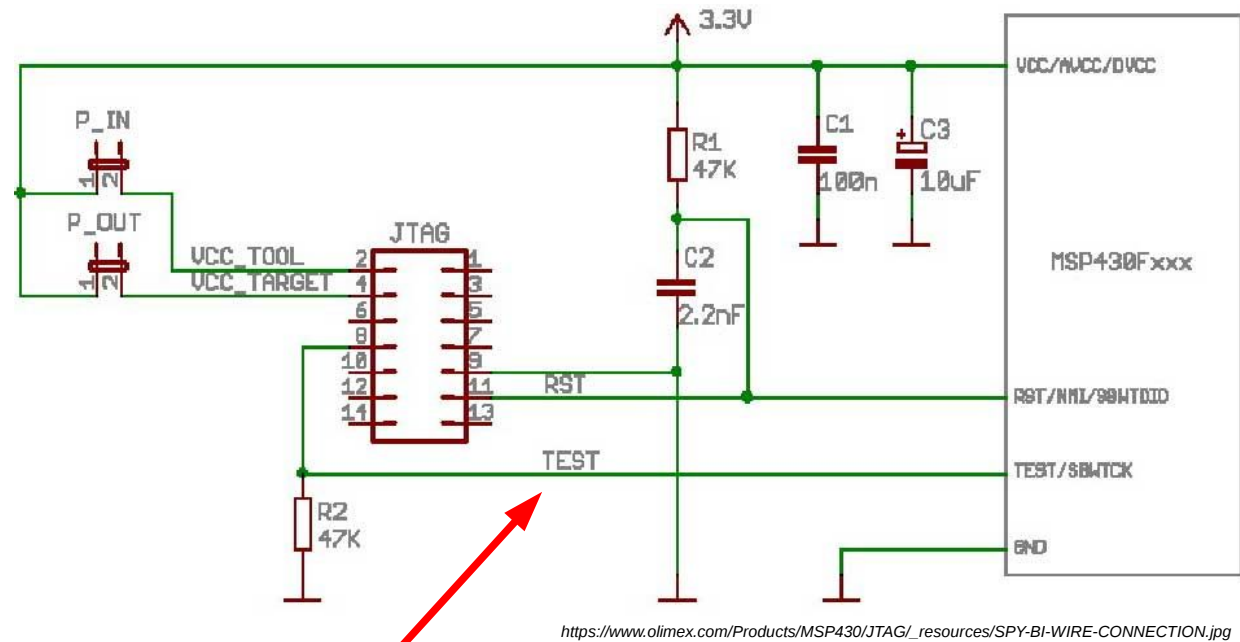


No abusar de este mecanismo, ya que la ausencia de líneas de conexión dificultan el seguimiento de señales.

IDENTIFICACIÓN DE SEÑALES Y NODOS

Las etiquetas sirven también para identificar los nodos y las señales.

- Al colocar una etiqueta local o global en un nodo, ese nodo tomará el nombre de la etiqueta.
- Esto ayuda en el momento del ruteo.
- Ayuda también a comprender el circuito.

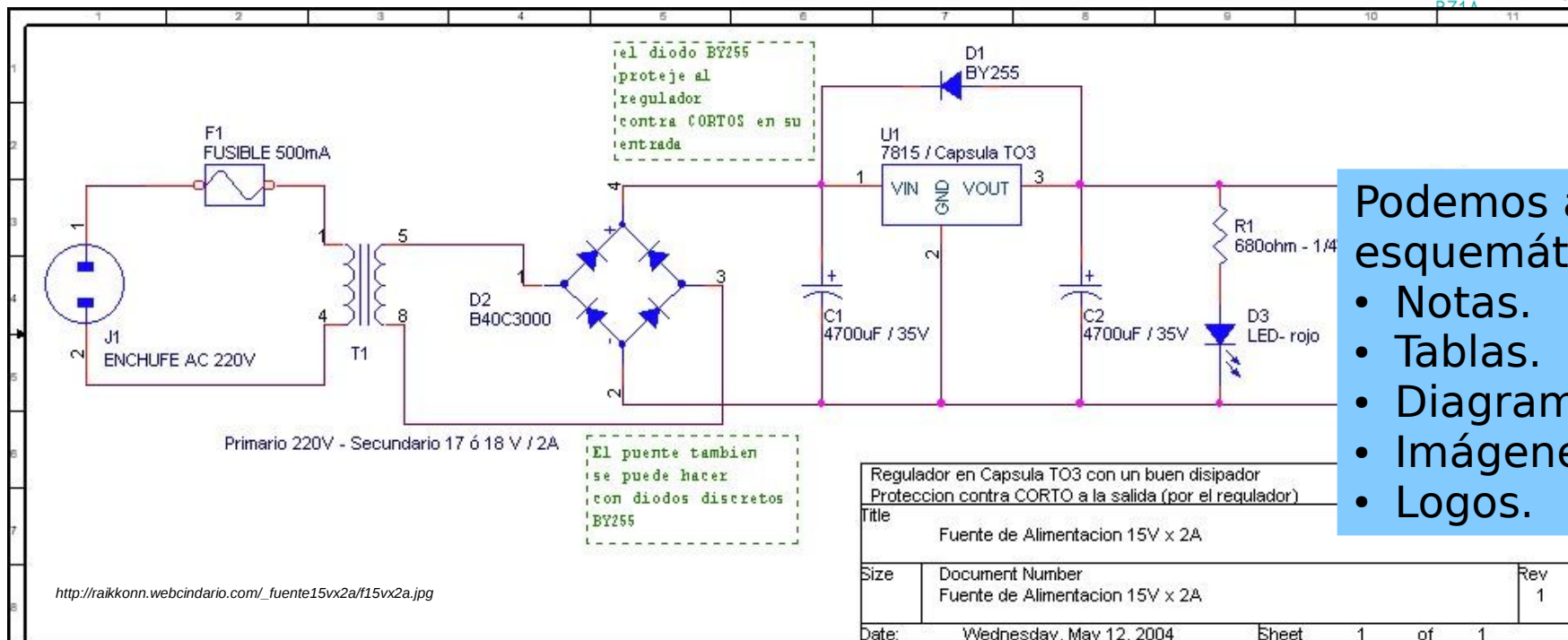
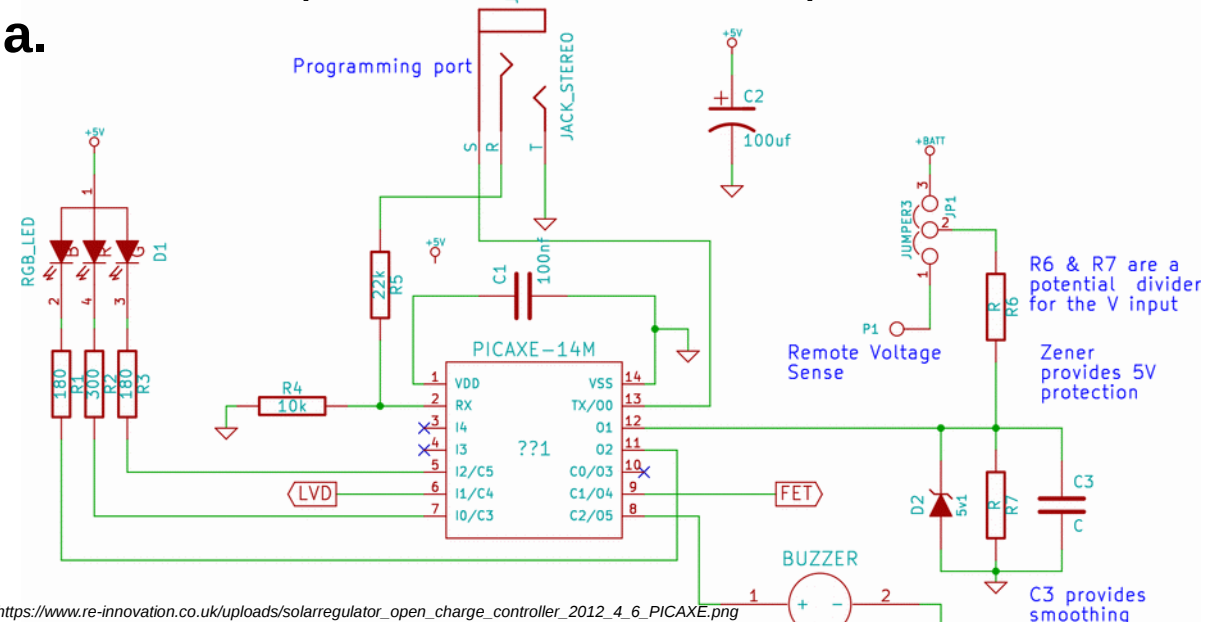


Es buena práctica aplicar los nombres de las señales en MAYUSCULAS.

NOTAS EN EL ESQUEMÁTICO

Las notas ayudan a comprender un circuito, su funcionamiento, su diseño y su puesta en marcha.

- Nombre del subcircuito.
- Cálculos o selección de valores importantes.
- Ayudas o consideraciones de ruteo.
- Situaciones especiales.
- Variantes.
- Funcionalidad.



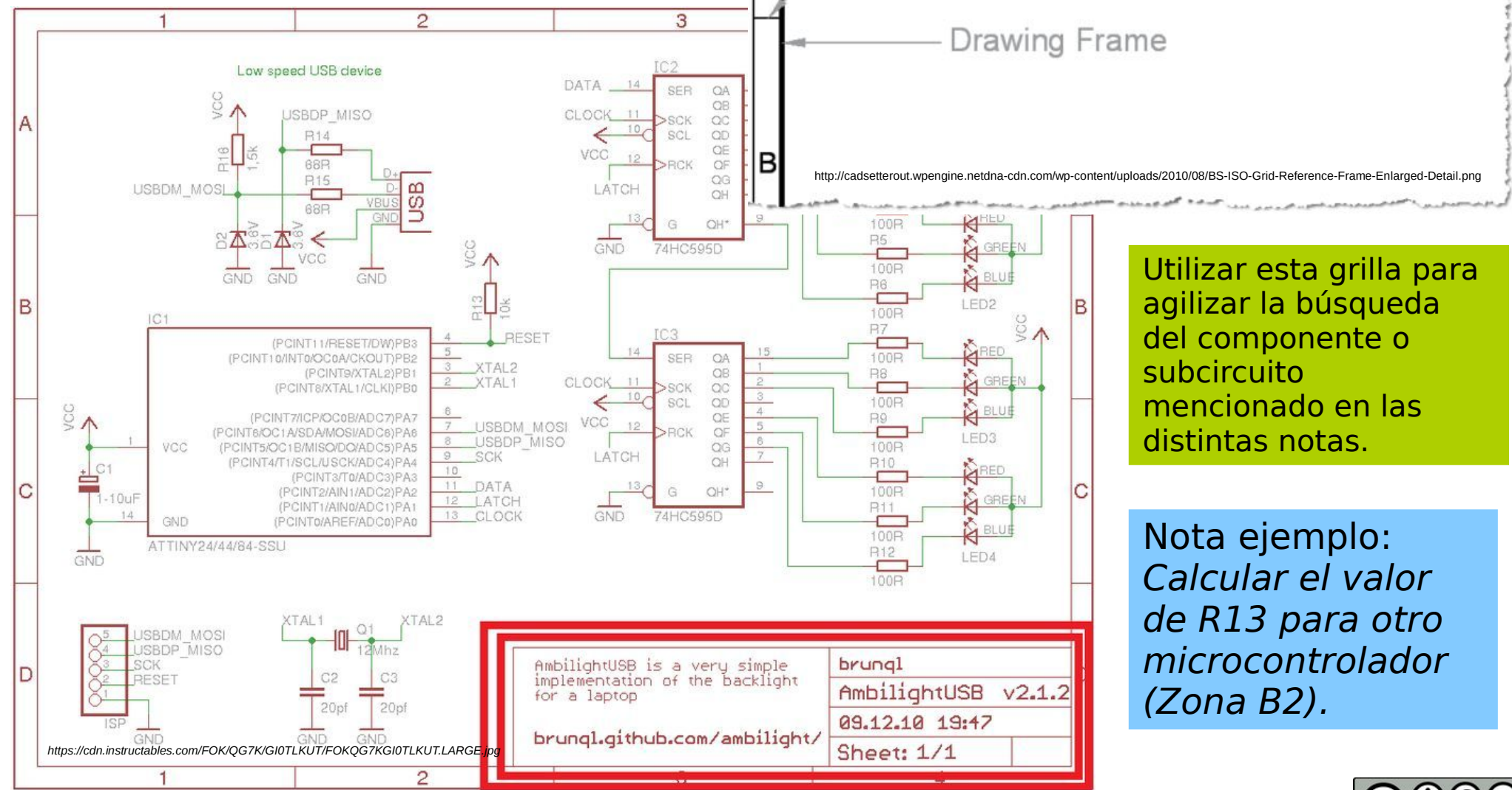
Podemos agregar al esquemático:

- Notas.
- Tablas.
- Diagramas.
- Imágenes.
- Logos.



MARCO DE REFERENCIA

La hoja del circuito esquemático tiene divisiones (grilla de referencia) en sus bordes. Estas se pueden utilizar para referenciar fácilmente un sector del circuito.



INFORMACIÓN COMPLETA DE CADA COMPONENTE

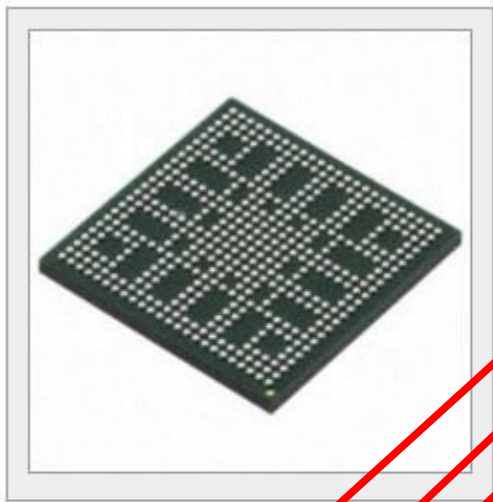
Definir la información necesaria para identificar, buscar, comprar y reemplazar adecuadamente cada componente.

Además de los campos obligatorios de REFERENCIA y VALOR, se debe agregar información del fabricante y código completo de producto.

Esta información no puede estar en el campo valor, porque cargaría visualmente al esquemático, perdiendo claridad.

- REFERENCIA: U5
- VALOR: I.MX6SL

Manf: Fabricante
Manf#: Código del fabricante
Desc: Descripción larga
Digikey#: Código de catálogo en Digikey.

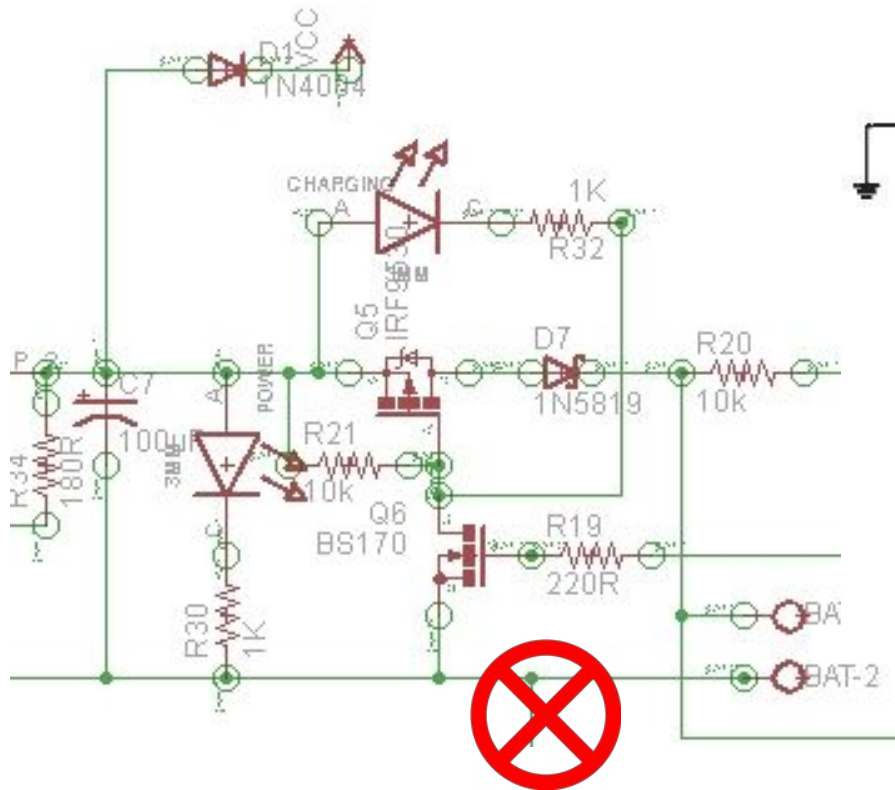


Información general del producto	
Número de pieza de Digi-Key	MCIMX6L3DVN10AB-ND
Cantidad disponible	471 Disponble para envío inmediato
Fabricante	NXP USA Inc.
Número de pieza del fabricante	MCIMX6L3DVN10AB
Descripción	IC MPU I.MX6SL 1.0GHZ 432MAPBGA
Descripción ampliada	ARM® Cortex®-A9 Microprocessor IC i.MX6SL 1 Core, 32-Bit 1.0GHz 432-MAPBGA (13x13)
Estado Libre de plomo / Estado RoHS	Sin plomo / Cumple con RoHS
Nivel de sensibilidad a la humedad (MSL)	3 (168 horas)
Plazo estándar del fabricante	12 semanas

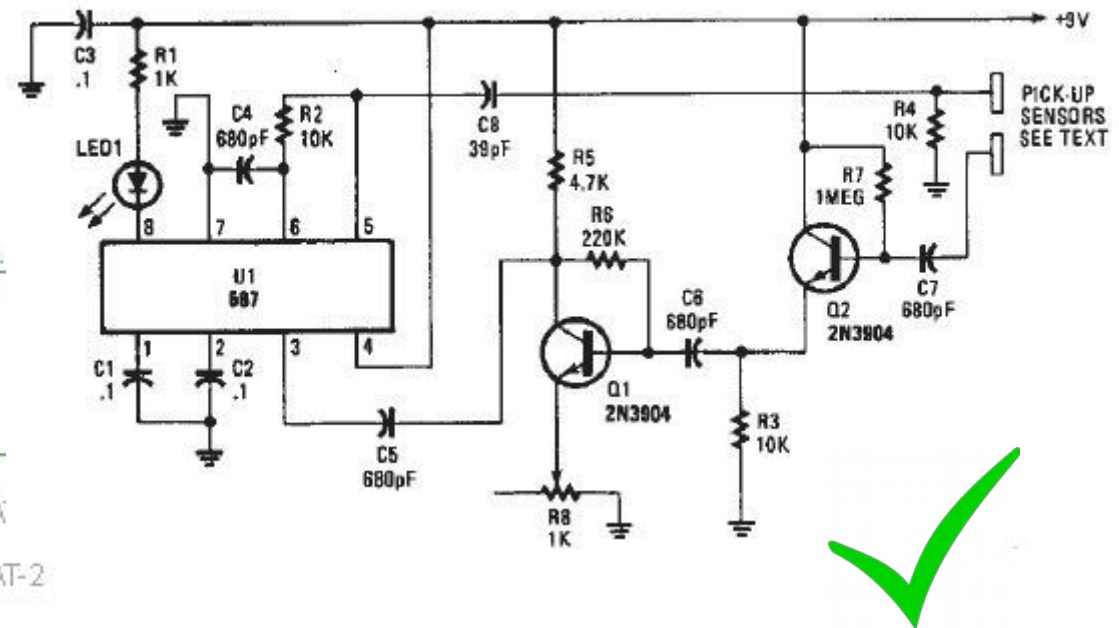
Los nombre de los campos complementarios de este ejemplo se definen para la herramienta KiCost.

ACOMODAR REFERENCIAS Y VALORES LEGIBLES

Es nuestra responsabilidad que todos las referencias y los valores queden legibles y prolijos.



<https://electronics.stackexchange.com/questions/28251/rules-and-guidelines-for-drawing-good-schematics>



<http://www.electroniccircuitsdesign.com/sites/default/files/imagecache/main/img/proximity-sensor-circuit-schematic.jpg>

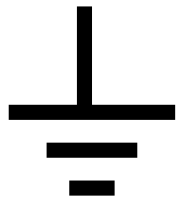
Dependiendo del software utilizado esta tarea se realizará automáticamente o requerirá algún grado de intervención de nuestra parte.

NODOS DE REFERENCIA

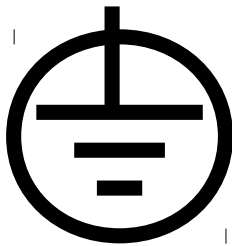
Cuando en un circuito se definen más de un nodo de tierra, se utilizan distintos símbolos para la misma

Los diferentes símbolos marcan diferentes nodos, sin conexión entre ellos.

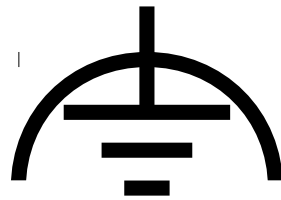
Utilizar el símbolo más adecuado según la función en el circuito.



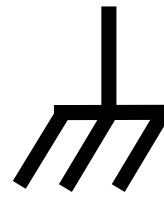
Tierra



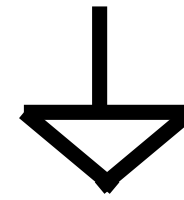
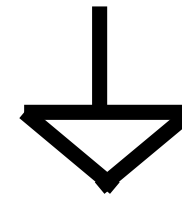
Tierra de protección



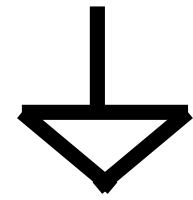
Tierra de bajo ruido



Chasis



REFB



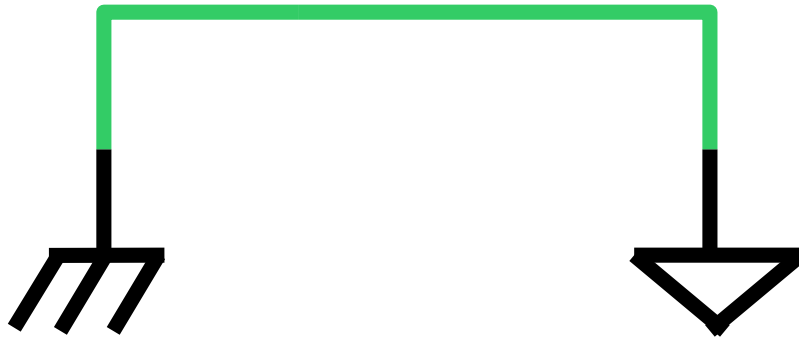
REFC

Tierras de señal

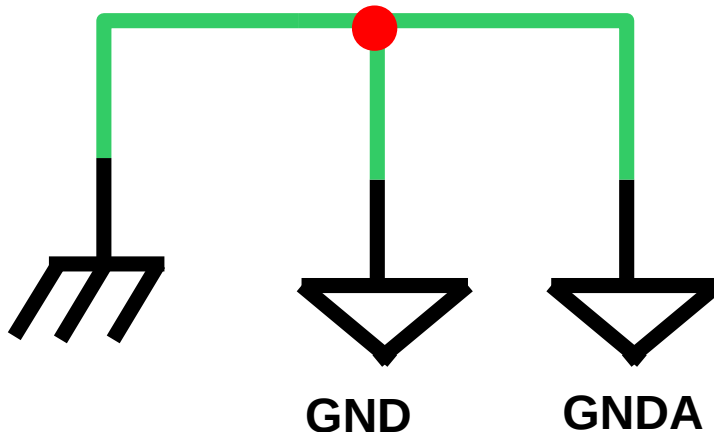
UNIENDO MÁS DE UN NODO DE REFERENCIA

Si en nuestro diseño debemos unir los distintos nodos de referencia, podemos hacerlo sin problemas.

Pero al momento de hacer el PCB, veremos ambos nodos como uno solo.



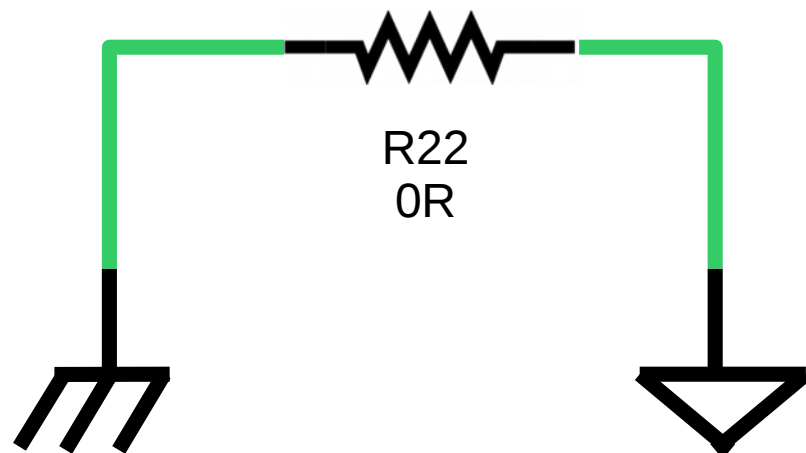
El caso clásico se presenta con la tierra de nuestro circuito y el chasis. O también con la tierra analógica y la tierra digital.



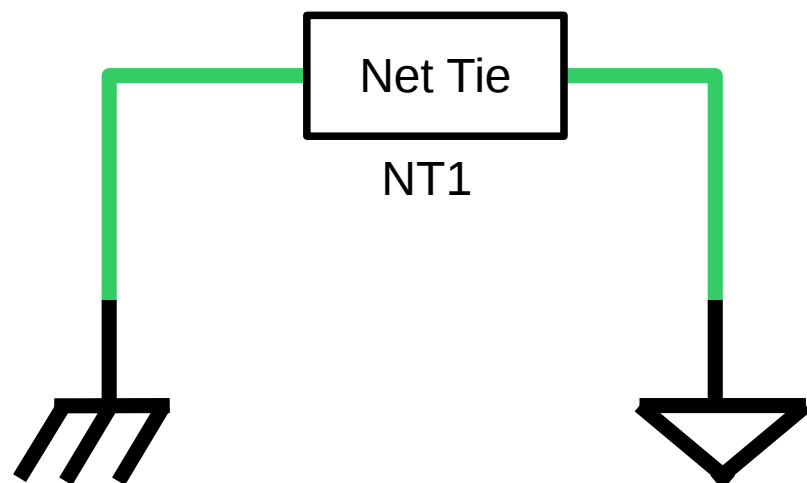
Podemos rutear el PCB teniendo en cuenta que los nodos son distintos y debemos unirlos en alguna parte, pero este método requiere experiencia y mucho cuidado por parte del diseñador.

UNIENDO MÁS DE UN NODO DE REFERENCIA

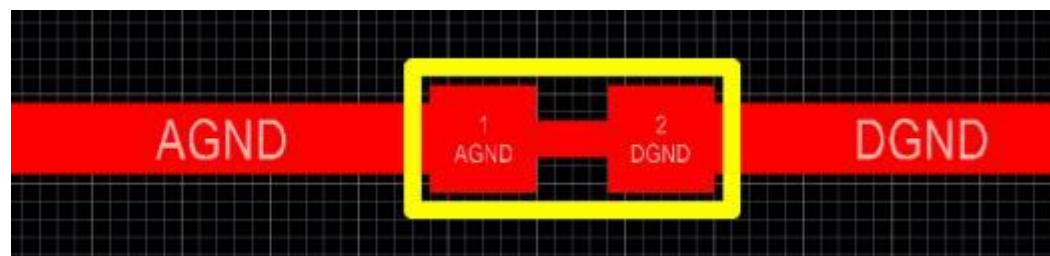
Si queremos que el software nos ayude a identificar las distintas zonas, tenemos un par de soluciones.



Colocar un resistor o un inductor que divida los nodos y me ayude a definir un único punto de contacto.



Colocar un NetTie, un componente “ficticio”, que en el PCB se traducirá a un componente en cortocircuito, pero desde el punto de vista del software se trata de nodos diferentes.



Ver el artículo:

<http://wiki.altium.com/download/attachments/25079430/NetTies-and-How-to-Use-Them.pdf>

Autores de esta presentación y contacto:
Diego Brengi - djavier@ieee.org

Versión
18/04/17

Procedimiento para realizar un circuito esquemático.
“Curso de diseño de circuitos impresos”
Preparado para la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos del LSE-FIUBA (CESE)

Procedimiento para realizar un circuito esquemático.
“Taller de Electrónica”
Usado para el Taller de Electrónica de la Universidad Nacional de La Matanza.

Las imágenes de clipart se tomaron de: <https://openclipart.org/>

Imagen de portada de dominio público:
<https://pixabay.com/es/servidor-placa-de-circuito-906525/>

Todas las capturas de pantalla fueron realizadas por los autores y están bajo la misma licencia que esta presentación.

El resto de las imágenes se cita la fuente debajo de cada una.